

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
(повна назва інституту/факультету)
КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
(повна назва кафедри)

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

_____ **Владислав ШЛИКОВ**
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« ____ » _____ 2020 р.

Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Клінічна інженерія»
(назва)

спеціальності _____ 163 «Біомедична інженерія» _____
(код та назва)

на тему: «Малогабаритний монохроматичний опромінювач біологічно активних точок людини»

Виконав: студент 4 курсу, групи БМ-61
(шифр групи)

_____ **Тимофєєв Денис Володимирович** _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ **доц. каф. БМІ к.т.н., Богомолов М. Ф.** _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Консультант _____ **розділу «ОП» к.т.н., доцент кафедри ОПЦБ Демчук Г.В.** _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Нормоконтроль _____ **ст. викладач кафедри БМІ, Юр'єва К.О.** _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Рецензент _____ **доц. каф. ТМБ, к.б.н., с.н.с. Беспалова О.Я.** _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет (інститут)	<u>Біомедичної інженерії</u>
Кафедра	<u>Біомедичної інженерії</u>
Рівень вищої освіти	<u>Перший (бакалаврський)</u>
Спеціальність	<u>6.051402 «Біомедична інженерія»</u>
Освітньо-професійна програма	<u>«Клінічна інженерія»</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ
В. о. завідувача кафедри
Владислав ШЛИКОВ
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студенту
Тимофєєву Денису Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Малогабаритний монохроматичний опромінювач біологічно активних точок людини»

Керівник роботи: Богомолів Микола Федорович, доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «25 » травня 2020 р. № 1191-с

2. Термін подання студентом роботи: 08.06.2020

3. Вихідні дані до роботи: відомості про характеристику лазерного випромінювання, біологічні ефекти лазерної терапії, методи впливу лазерним опромінюванням на біологічні об'єкти; необхідність розробки вдосконалень для апарату лазерної терапії для впливу на біологічно активні точки.

4. Зміст роботи : аналіз літератури з характеристик лазерів та їх особливостей впливу на біологічні об'єкти, зокрема людське тіло; огляд та характеристика терапевтичних методик впливу на біологічно активні точки; розробка та проектування малогабаритного монохроматичного опромінювача біологічно активних точок людини, а саме схеми компонента пошуку точок, схеми живлення лазерних діодів, конструкції самого приладу (розробка 3D- моделі).

5. Перелік ілюстративного матеріалу: презентація у MS Power Point.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Доц., к.т.н. Демчук Гліб Вікторович		

7. Дата видачі завдання «25» травня 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	Березень/квітень 2020 р.	
2	Розробка технічного завдання	Квітень 2020 р.	
3	Розробка конструкції приладу	Травень 2020 р.	
4	Оформлення розділу 3 «Охорони праці»	Травень 2020 р.	
5	Оформлення ДР	Червень 2020 р.	
6	Отримання рецензії та відгуку	Червень 2020 р.	
7	Здача роботи на нормоконтроль	Червень 2020 р.	
8	Подання пакету документів по ДР до захисту ЕК	Червень 2020 р.	
9	Захист ДР	Червень 2020 р.	

Студент

(підпис)

Денис ТИМОФЄЄВ

(Власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Микола БОГОМОЛОВ

(Власне ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Обсяг дипломної роботи становить 58 сторінок, міститься 16 ілюстрацій, 11 таблиць. Загалом опрацьовано 25 літературних джерела.

Актуальність: дослідження впливу монохроматичного опромінення на біологічні об'єкти є актуальним питанням і показують ефективність цього впливу, отже розробка малогабаритного приладу із додатковими функціями для здійснення лазерного опромінення на локальні ділянки є важливим питанням.

Мета: розробка малогабаритного оптичного пристрою для лазерного опромінення біологічно активних точок людини.

Об'єктом дослідження є біологічно активні точки людини.

Предметом дослідження є біостимулюючий ефект низькоінтенсивного лазерного випромінювання.

Завдання: провести огляд літературних джерел, що описують характер лазерного випромінювання, його вплив на біологічні тканини; розробити структурну та оптичну схеми лазерного опромінювача; розробити можливість пошуку біологічно активних точок; розробити схему живлення лазерних діодів; розробити конструкцію та 3D-модель лазерного опромінювача.

Основні результати: розроблені та побудовані функціональна та оптичні схеми апарату; розроблено схему пошуку біологічно активних точок на тілі людини методом вимірювання опору шкіри; розроблено схему бездротового живлення лазерного діода; розроблено та створено 3D-модель малогабаритного монохроматичного опромінювача біологічно активних точок людини з урахуванням всіх наведених вдосконалень та вимог; розроблено план заходів щодо забезпечення норм охорони праці.

Ключові слова: лазерна рефлексотерапія, біологічно активні точки, лазерні технології, лазерний опромінення біологічних тканин, лазери у медицині, фізіотерапія.

ABSTRACT

The volume of the thesis is 58 pages, contains 16 illustrations, 11 tables. A total of 25 literary sources were processed.

Relevance: studies of the effects of monochromatic radiation on biological objects are a popular issue and show the effectiveness of this procedure, so the development of a small device with additional functions for laser radiation on local areas is an important issue.

Purpose: development of a small device with additional functions for laser radiation on local areas.

The object of study is the biologically active points of man.

The subject of the study is the biostimulating effect of low-intensity laser radiation.

Objectives: to review the literature that describes the nature of laser radiation, its impact on biological tissues; develop structural and optical schemes of the laser irradiator; develop the ability to search for biologically active points; develop a power supply circuit for laser diodes; develop a design and 3D model of a laser illuminator.

Main results: functional and optical schemes of the device are developed and constructed; the scheme of search of biologically active points on a human body by a method of measurement of resistance of skin is developed; the scheme of wireless power supply of the laser diode is developed; developed and created a 3D-model of a small monochromatic irradiator of biologically active points of man, taking into account all the above improvements and requirements; a plan of measures to ensure labor protection standards has been developed.

Key words: laser reflexology, biologically active points, laser technologies, laser irradiation of biological tissues, lasers in medicine, physiotherapy.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЛАЗЕРНИХ МЕТОДІВ ОПРОМІНЕННЯ БІООБ’ЄКТІВ	9
1.1 Характеристика лазерного випромінювання як фактору впливу	9
1.2. Методи неінвазивного лазерного опромінювання	14
1.3 Біостимулюючий ефект лазерного опромінення	21
Висновок до розділу 1	28
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ ШКІРИ ЛЮДИНИ.....	30
2.1 Розробка структурної та оптичної схем оптичного пристрою для опромінення шкіри людини	30
2.2 Розробка пристрою пошуку біологічно активних точок людини.....	31
2.3 Розробка схеми живлення лазера	34
Висновок до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЮВАЧА ШКІРИ.....	38
3.1 Розробка конструкції корпусу оптичного пристрою для лазерного опромінення шкіри людини	38
Висновок до розділу 3	43
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	44
4.1 Технічні характеристики монохроматичного опромінювача.....	44
4.2 Характер взаємодії приладу в системі «людина-об’єкт».....	46
4.3 Небезпека ураження лазерним випромінюванням	47
4.4 Небезпека ураження електричним струмом.....	49
4.5 Небезпеки пожежного характеру	51
4.6 Інструкція з техніки безпеки при експлуатації спроектованого об’єкту ...	52

					БМ61.19.2505.1191			
Вим.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Тимофеев Д.В.				Малогабаритний монохроматичний опромінювач біологічно активних точок людини	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Богомолов М.Ф.						6	58
Реценз.	Беспалова О.А.					НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» ФБМІ БМ-61		
Н. Контр.	Юр’єва К.О.							
Затвердив	Шликов В.В.							

Висновок до розділу 4	53
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

					БМ61.19.2505.1191	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Дослідження показують, що при оптимальних дозах впливу лазерним опроміненням на біологічні об'єкти, в тому числі на організм людини, відбувається певна їх біостимуляція, в результаті якої активуються саногенетичні процеси. Також відбувається активація ферментів, що призводить до підсилення біоелектричних та біосинтетичних процесів у клітинах. Активація біоелектричних ферментів додатково призводить до збільшення рівня АТФ та інших речовин. Реакції на лазерне опромінення також включають зміну проліферації клітин, процеси регенерації, стимуляції кровотворення, активності імунної системи, мікроциркуляції.

Актуальність роботи: дослідження впливу монохроматичного опромінення на біологічні об'єкти є актуальним питанням, і такі дослідження показують певну ефективність цього впливу. Таким чином, розробка малогабаритного приладу із додатковими функціями для здійснення лазерного опромінення на локальні ділянки є важливим питанням.

Мета дипломної роботи: розробити малогабаритний оптичний пристрій для лазерного опромінення біологічно активних точок людини.

Для досягнення мети сформовані такі завдання:

- 1) провести огляд літературних джерел, що описують характер лазерного випромінювання та його стимулюючий вплив на біологічні тканини;
- 2) розробити структурну та оптичну схеми лазерного опромінювача;
- 3) розробити можливість пошуку біологічно активних точок;
- 4) розробити схему живлення лазерних діодів;
- 5) розробити конструкцію та 3D-модель лазерного опромінювача.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЛАЗЕРНИХ МЕТОДІВ ОПРОМІНЕННЯ БІОБ'ЄКТІВ

1.1 Характеристика лазерного випромінювання як фактору впливу

Лазери все більш широко застосовуються в науці, медицині та техніці. Дослідженнями вчених і фахівців встановлено, що лазерні випромінювання викликають місцеві та загальні реакції організму людини різного ступеня вираженості в залежності від часу впливу і довжини хвилі.

Лазерне випромінювання являє собою особливий вид електромагнітного випромінювання, що генерується в діапазоні довжин хвиль 0,1...1000 мкм. Лазери широко застосовуються в різних областях людської діяльності завдяки таким властивостям:

1. монохроматичність;
2. когерентність: просторова та часова;
3. напрямленість;
4. поляризація;
5. потужність (є одною з головних ознак яка відрізняє лазери від інших типів випромінювачів);
6. короткі імпульси;
7. число заповнення порядку , тобто кількість фотонів на 1 моду.

При аналізі та оцінці лазерного випромінювання як фізичного фактору впливу на біологічні об'єкти зазвичай встановлюють такі нормовані параметри:

- потужність P (Вт);
- енергетична експозиція H (Дж / м²);
- енергія W (Дж);
- опромінення E (Вт / м²).

Параметри H і W актуальні для аналізу при тривалості впливу 1-3 с і менше, E і P – при більш тривалому впливі [1].

Чутливість різних органів і клітин організму до лазерного випромінювання не однозначна. Малі дози випромінювання можуть надавати стимулюючу дію (на цій властивості засновано фізіотерапевтичне застосування лазера), вплив значних доз випромінювання більшою мірою ґрунтується на процесах поглинання і трансформації енергії органами і клітинами організму.

Монохроматичність характеризує ступінь концентрації випромінювання по спектру. Кількісною характеристикою ступеня монохроматичності є ширина спектральної лінії на рівні 0,5 від її максимуму або спектральний діапазон $\Delta\omega(\Delta\lambda)$.

Більш об'єктивною характеристикою є відносна ширина спектра $\Delta\omega/\omega_0 = \Delta\lambda/\lambda_0$, де ω_0, λ_0 - кутова частота і довжина хвилі, відповідні максимуму спектра.

Ширина спектральної моди, що виділяється резонатором, визначається його добротністю. У свою чергу величина визначається втратами в резонаторі.

Теоретична межа ширини спектральної лінії лазерного випромінювання визначається двома факторами:

- 1) шумами, обумовленими тепловим випромінюванням в резонаторі;
- 2) шумами, пов'язаними зі спонтанним випромінюванням активної речовини.

В оптичному діапазоні шуми за рахунок спонтанного випромінювання переважають над тепловими шумами. Якщо враховувати тільки шуми, викликані спонтанними переходами, то виявиться, що спектральна лінія вихідного лазерного випромінювання має лоренцову формулу з напівшириною $\Delta\omega = 4h\omega_0(\omega_0)^2 / P$, де P - вихідна потужність лазерного випромінювання [1].

Для лазера з вихідною потужністю $P = 1$ мВт, що випромінює в червоній області спектра ($\lambda_0 = 0,65$ мкм) і має добротність резонатора 10^8 , отримуємо $\Delta\omega/\omega_0 \approx 5 \cdot 10^{-16}$. Так як при $L = 1$ м припустиме відхилення довжини резонатора становить $= 5 \cdot 10^{-7}$ нм. Очевидно, стабілізувати довжину резонатора в таких межах вельми проблематично. В реальних умовах монохроматичне лазерне

випромінювання визначається змінами довжини резонатора, викликаними тепловими ефектами, вібраціями і т.д.

Розглянемо питання про поляризацію лазерного випромінювання. Світло, у якого існує впорядкованість орієнтації векторів напруженостей E і H , називається поляризованим. Лазер може генерувати неполяризоване світло, але це шкодить стабільній роботі лазера. Для забезпечення роботи лазера на одній поляризації і отримання на виході плоскополяризованого світла, досить всередину резонатора ввести втрати для однієї з двох поляризацій. Плоскополяризованим називається світло, у якого напрями коливань векторів E і H в будь-якій точці простору залишаються незмінними в часі. У твердотільних лазерах для цього використовується анізотропія оптичних властивостей активної речовини. Наприклад, випромінювання рубінового лазера, як правило, поляризоване внаслідок його двопроменезаломлення і розбіжності оптичної осі кристала з віссю резонатора [1].

Когерентність характеризує узгоджений перебіг у часі і в просторі двох або декількох коливальних хвильових процесів, що з'являється при їх складанні.

У найпростішому вигляді в оптиці когерентність пов'язана з постійністю різниці фаз двох різних випромінювань або двох частин одного випромінювання. Інтерференція двох випромінювань при їх складанні може спостерігатися тільки, якщо вони взаємно когерентні.

Для електромагнітної хвилі можна визначити дві незалежні поняття - простір і час когерентності. Під просторовою когерентністю розуміють кореляцію фаз електромагнітних хвиль, випущених з двох різних точок джерела в однакові моменти часу. Під тимчасовою когерентністю розуміють кореляцію фаз електромагнітних хвиль, випущених з однієї і тієї ж точки.

Просторова і тимчасова когерентність - незалежні параметри: один вид когерентності може існувати без іншого. Просторова когерентність залежить від поперечної вихідної моди лазера. Лазер безперервної дії, що працює на

одній поперечної моді, володіє майже ідеальною просторовою когерентністю. Імпульсний лазер в багатомодовому режимі має обмежену просторову когерентність.

Тимчасова когерентність безпосередньо пов'язана з монохроматичністю. Одночастотні (одномодові) лазери безперервної дії мають високу ступінь тимчасової когерентності.

Ступінь взаємної когерентності двох випромінювачів можна експериментально визначити за контрастом інтерференційної картини. Вимірявши інтенсивності поблизу обраних точок екрану, можна визначити функцію, що характеризує ступінь взаємної когерентності першого порядку.

Час когерентності дорівнює $1/\Delta\omega$, де $\Delta\omega$ - ширина лінії в Гц. Час когерентності, помножений на швидкість світла, являє собою довжину когерентності. Остання характеризує глибину різкості в голографії і граничні дистанції, на яких можливі інтерферометричні вимірювання [1].

Когерентність випромінювання має значення в тих застосуваннях лазера, де відбувається розщеплення і подальше додавання складових лазерного пучка. До цих застосувань відносяться інтерферометрична лазерна дальнометрія, голографія.

Якщо розташувати джерела оптичного випромінювання в порядку зменшення ступеня когерентності генерації ними випромінювання, то матимемо: газові лазери - рідинні - твердотільні лазери на діелектриках - напівпровідникові лазери - газорозрядні лампи - світлодіоди - лампи розжарювання.

Напрявленістю випромінювання називають локалізацію випромінювання поблизу одного напрямку, який є віссю поширення випромінювання. Лазерне випромінювання за своєю природою має високий ступінь направленості. Для лазерного випромінювання коефіцієнт направленості може досягати 2000. Розбіжність лазерного випромінювання обмежується явищами дифракції.

Напрямлени́сть лазерного випромінювання характеризується його розбіжністю, яка визначається відношенням довжини хвилі генерованого випромінювання до лінійного розміру резонатора.

Випромінювання лазерів є когерентним і тому фронт хвилі являє собою, як правило, майже площину або сферу з дуже великим радіусом. Таким чином, лазер можна розглядати як джерело майже паралельних променів з дуже малою розбіжністю. В принципі, ця розбіжність визначається дифракцією променів на вихідному отворі.

Когерентне випромінювання лазера можна сфокусувати в пляму надзвичайно малих розмірів, де щільність енергії буде дуже великою. Теоретичною межею мінімального розміру лазерного пучка є довжина хвилі. Для промислових лазерів розміри сфокусованої світлової плями становлять 0,001-0,01 см. В даний час за допомогою лазерів досягнуті потужності випромінювання 10^{11} Вт / см² (щільність випромінювання Сонця складає лише $7 \cdot 10^3$ Вт / см²).

Висока напрямленість лазерного випромінювання визначає і його високу яскравість. Яскравістю джерела електромагнітної хвилі є потужність випромінювання, що випускається з одиниці поверхні в одиничному тілесному куті в напрямку, перпендикулярному випромінюваній поверхні [1].

Крім енергетичної яскравості вводиться поняття фотометричної яскравості. Вона служить для оцінки ефективності впливу світла на око людини. Перехід від енергетичних величин до фотометричних здійснюється через коефіцієнт, що залежить від довжини хвилі.

Цей коефіцієнт є світловим еквівалентом потоку випромінювання і називається спектральною світловою ефективністю монохроматичного випромінювання, або видністю. Для нормального денного зору максимум функції видності приходить на довжину хвилі у 555 нм (дзеркальне світло). При довжинах хвиль 380 і 780 нм видність зменшується майже до нуля.

1.2. Методи неінвазивного лазерного опромінювання

Ефективність лазерної терапії залежить як від вибору методів впливу або їх поєднання, так і від ступеня відповідності основним принципам застосування цих методів. Основна мета і завдання терапевта, який використовує лазерну терапію - вибрати і забезпечити оптимальні просторово-часові параметри кожного з методів лазерного впливу з урахуванням їх особливостей:

- довжину хвилі і режим роботи лазера;
- середню або імпульсну потужність випромінювання;
- частоту для імпульсного або модульованого режиму;
- локалізацію і площу впливу;
- експозицію на зону і загальний час процедури;
- кількість і періодичність процедур [2].

Різні методи лазерної терапії доповнюють один одного, так як забезпечують не тільки включення декількох механізмів регулювання і підтримки гомеостазу, а й здійснюють це різними шляхами. Останнє особливо необхідно в тому випадку, коли має місце нерозуміння конкретної «фізіологічної» локалізації виникаючих порушень, неможливо виокремити окрему регуляторну ланку, збій в роботі якої привів до розвитку патології.

Є свої правила в клінічному плані, особливо в прив'язці до принципів реалізації методичних схем. Наприклад, врахування стану та віку пацієнта, стадії захворювання, наявності додаткових патологій та ін.

Грамотне, засноване на знанні фізіологічних механізмів дії низькоінтенсивного лазерного випромінювання, застосування лазеротерапії в поєднанні з досить суворим дотриманням деяких базових принципів - це основа максимально ефективного лікування.

Всі методики мають свої особливості (тому потрібні певні знання техніки їх проведення) і диференціюються в основному по локалізації впливу:

					БМ61.19.2505.1191	Лист
						14
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- зовнішні;
- внутрішньопорожнинні;
- внутрішньовенні;
- поєднані і комбіновані.

Основою іншої класифікації служить характер відповідної реакції організму, системний або локальний (незважаючи на відомий факт генералізації ефекту при будь-якому місцевому впливі).

Системні:

- лазерна акупунктура;
- лазерне освітлення крові, здійснюване або внутрішньовенним доступом, або неінвазивним, на проекцію великих кровоносних судин.

- місцеві:

- все зовнішні і порожнинні методики, метою яких є вплив на конкретний патологічний осередок або орган [3].

Найбільш ефективно при проведенні процедур використовувати як мінімум один системний і один місцевий спосіб впливу.

Для впливу на активність різних біологічних систем детально підбираються саме ті зони, що є відповідальними за цікаві для конкретної терапії фактори та системи.

Загалом виділяються такі основні методи неінвазивної лазерної терапії:

1. Методики зовнішні, місцевий вплив:

- контактна;
- контактено-дзеркальна;
- дистантна.

2. Рефлекторні:

- на біологічно активні точки - корпоральні і аурикулярні (лазерна рефлексотерапія);
- на зони Захар'їна-Геда (дерматоми);
- паравертебрально.

3. На проекції внутрішніх органів, в тому числі транскраніальна методика.

4. На проекції кровоносних або лімфатичних судин.

5. На проекції імунокомпетентних органів [4].

Максимально ефективно реалізувати всі ці методики дозволяє наявність у апаратів різноманітних лазерних випромінюючих головок, світлова енергія яких за допомогою спеціальних насадок доставляється до місця впливу. Так забезпечується оптимальна енергія поглинання (якщо при цьому також задана і оптимальна експозиція). Крім того, важливий вибір зони і області освітлення, так звана локалізація впливу. Зона - місце безпосереднього освітлення, область, орган, який піддається впливу, можливо, в декількох зонах.

Розглянемо докладніше особливості основних методик, які відрізняються спектральними, просторово-часовими і енергетичними характеристиками.

Якщо патологічний процес локалізований в поверхневих шарах шкіри або слизової оболонки (пошкодження різної етіології, запальні процеси та ін.), то вплив лазерного випромінювання направлено безпосередньо на нього. В цьому випадку лікарю надаються найширші можливості у виборі параметрів методу. Використовують практично будь-які довжини хвиль лазерного світла і / або комбінування декількох спектральних діапазонів; використання імпульсних або безперервних лазерів, а також різних видів модуляції випромінювання; застосування матричних випромінювачів; поєднання низькоінтенсивного випромінювання з лікарськими препаратами загальної або місцевої дії (лазерофорез) або постійним магнітним полем (магнітолазерна терапія) і т. д.

Розрізняють контактну і контактнo-дзеркальну методики впливу, коли випромінююча голівка знаходиться в контакті з опромінюваною поверхнею, а також дистантну (неконтактну) методику, при якій є простір між випромінюючої голівкою і опромінюваною поверхнею (рис. 1.1).

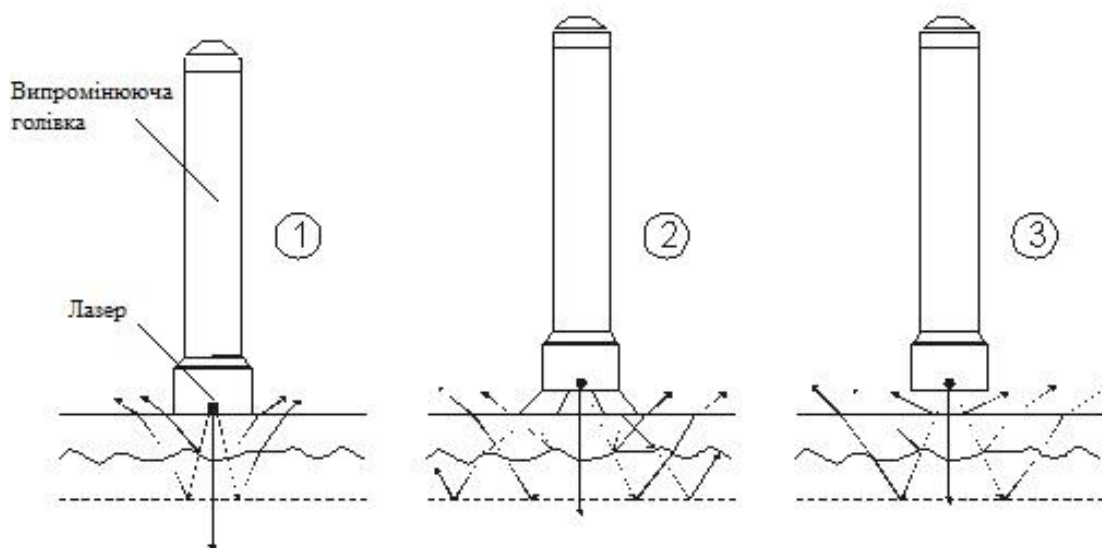


Рисунок 1.1 – Методики лазерної терапії: 1 – контактна, 2 – контакт-но-дзеркальна, 3 – дистантна

Така диференціація має сенс в тому випадку, якщо лазерний діод розташований правильно – ззовні головки. Тільки в цьому випадку є можливість контролювати площу і локалізацію впливу.

Контактна методика принципово відрізняється від контакт-но-дзеркальної тим, що площа впливу в першому варіанті мінімальна (при цьому енергія поглинання максимальна), а в другому випадку приймається рівною 1 см^2 , коли щільність потужності (ЩП) і енергія поглинання нормуються. До контакт-но-дзеркальної методикою можна віднести і магніто-лазерну терапію, для якої найчастіше використовують дзеркальні магнітні насадки для лазерної голівки з одним лазерним діодом.

Що дозволяють отримати дзеркальні насадки:

- збільшується глибина і інтенсивність терапевтичного впливу;
- використовується вся енергія лазерного світла, яка не розсіюється марно в просторі, а входить в шкіру і поглинається там;
- забезпечується стабільність процедури;
- забезпечується захист персоналу та пацієнтів від відбитого світла;

- простіше гарантувати гігієнічність процедури, оскільки насадки легко знімаються і дезінфікуються;

- забезпечується оптимальна енергетична щільність, оскільки розподіл світлової енергії автоматично нормується на 1 см^2 [4].

У матричних лазерних випромінюючих голівок відбиття проходить від металевого радіатора, що забезпечує тепловідвід, тому використовується лише прозора насадка.

При контактній методиці з легким натисканням дзеркальною або дзеркально-магнітною насадкою забезпечується краще проникнення лазерного випромінювання в тканини. Досліджуючи проходження низькоінтенсивного лазерного випромінювання через м'які фізичні та біологічні середовища, виявляли різке збільшення проходження світла при стисненні середовища. Виявилося, що локальне натиснення на біотканини викликає більш сильне просвітлення, ніж в разі стиснення шару фізичного середовища. Дослідники пояснюють механізм просвітлення тканини при натисканні згладжуванням малого бугристого рельєфу шкіри, що призводить до зменшення поверхні, що відбиває випромінювання, а також зменшення товщини шкіри не тільки за рахунок тиску, а й за рахунок розтягування завдяки її еластичним властивостям. У більшості лікувальних методик лазерної терапії рекомендується невелика компресія м'яких тканин, якщо це можливо, як важливий методичний елемент, що підвищує терапевтичну ефективність лазерного впливу на організм [4].

При контактено-дзеркальній методиці енергія лазерного світла розподіляється не тільки по поверхні ззовні. Також іде розподілення за рахунок додаткового відбиття випромінювання від дзеркальної поверхні і по істотно більшому обсягу тіла.

Обидві контактні методики краще, ніж дистантна, так як вони дозволяють забезпечити стабільність і відтворюваність процедури. Якщо при контактено-дзеркальній методиці має місце нормування на 1 см^2 , то говорити про площу

впливу як такої при контактній методиці проблематично. В результаті розсіювання і відбиття, випромінювання розподіляється по досить більшому обсягу біотканини, при цьому будь-яка кореляція між площею і кількістю опромінення клітин відсутня.

До дистантної методики вдаються, коли з якихось причин неможливий контакт зі шкірою (відкриті рани, виразки і т.д.). У будь-якому випадку, виходячи з розуміння механізмів біологічної дії низькоінтенсивного випромінювання, рекомендується використовувати тільки стабільну методику. Основним завданням впливу є ініціювання хвиль підвищеної концентрації Ca^{2+} , для чого локально забезпечується оптимальна енергетична щільність, а механізм поширення іонів запускається вже самостійно. При лабільній (скануючій) методиці в жодній точці прикладання не забезпечуються оптимальні енергетичні параметри, що знижує ефективність лазерної терапії.

Спектральні і енергетичні параметри контактно-дзеркальної і дистантної методик визначаються в залежності від галузі застосування, цілей і завдань проведеної терапії і можуть варіюватися в досить широких межах. Контактна методика в цьому сенсі більш обмежена, по суті, все зводиться до одного правила: максимально допустима (велика) потужність і частота, але експозиція на одну зону строго обмежена 5 хв.

Максимальні потужності і частоти для імпульсного режиму обмежені міркуваннями безпеки, так як при мінімальних площах досягається максимальна енергія поглинання, тому зазначені цифри не рекомендується перевищувати щоб уникнути опіку. У тому числі це обмеження пов'язане і з певними відмінностями між клітинами організму, у яких істотно розрізняються коефіцієнти поглинання для різних довжин хвиль. Чим менше поглинають клітини або біотканини, тим більшу потужність можна використовувати для контактної методики. Локалізація уточнюється в кожному конкретному випадку. Методика, якщо говорити про дослідження, може варіюватися в залежності від моделі експерименту [5].

Лазерна стимуляція біоактивних точок організму людини, або лазерна рефлексотерапія, знайшла широке застосування при лікуванні хворих найширшого кола захворювань як самостійно, так і в поєднанні з іншими методами. У методі використовується зовсім невелика кількість світлової енергії для строго локалізованих структур, що беруть участь у подальшій відповіді організму.

Доведено, що біологічно активні точки високочутливі до різних зовнішніх впливів, зокрема до електромагнітних полів. Ефективність використання фізичних факторів (вакуум, електричний струм, ультразвук, холод, тепло, магнітне поле, лазерне випромінювання) для лікування різноманітних форм патології залежить від специфічних особливостей фактора і місця його застосування, а також від енергетичних параметрів фізичного фактора. Має місце однотипність спрямованості реакцій при одноразовому і тривалому впливі зовнішніх факторів. Ключовим моментом у ефективності лазерного опромінювання біоактивних точок є локальний вплив на дуже чутливі до подразників зони-проекції різних органних систем. Загальна відповідь формується за рахунок нервово-рефлекторного механізму, що підтверджується динамікою електрофізіологічних показників (ЕЕГ та ін.), основних показників діяльності серцево-судинної системи, ряду біохімічних процесів. У всіх випадках застосування лазерної рефлексотерапії, навіть при лікуванні важких хронічних захворювань, спостерігається клінічне і суб'єктивне поліпшення стану хворого.

Так, наприклад, відомі роботи із лазерним впливом на біологічно активні точки для корекції активності ферментів при експериментальному цукровому діабеті. Група вчених проводили внутрішньом'язове введення аллоксану щурам, що призводило до розвитку інсулінзалежного цукрового діабету, при цьому активність ЛДГ підвищувалася на 55% у гомогенаті печінки і Ал-Ат на 41,5% в печінці та 128,8% у сироватці крові. Із отриманих даних, при опроміненні біологічно активних точок лазерним випромінюванням ефекти

					БМ61.19.2505.1191	Лист
Змін	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		20

аллоксану значно ослаблювалися, адже активність ЛДГ в печінці при цьому підвищується до 25% (у порівнянні до 55%), а Ал-Ат у печінці і сироватці крові на 23% і 42,9% відповідно (у порівнянні до 41,5% і 128,8%)[6].

Окрім того, є низка робіт, що присвячені лазерній рефлексотерапії для симптоматичного полегшення стану онкохворих. Так, наприклад, ряд російських вчених-медиків опублікували роботу про поліпшення загального самопочуття, апетиту та сну в онкохворих дітей при використанні лазерної рефлексотерапії при хіміотерапії (контрольна група – 15 осіб, вік від 4 до 14 років). Ряд американських рандомізованих контрольованих досліджень продемонстрували ефективність рефлексотерапії для зняття нудоти і блювання, спричинених хіміотерапією [7, 8, 9]. Є також дані про те, що лазерна рефлексотерапія полегшує хронічний біль при онкологічних захворюваннях [10, 11]. Крім того, рефлексотерапія показує себе ефективною при синдромі постійної втоми після хіміотерапії [12]. Ряд китайських дослідників опублікували дані про рівень імунітету у осіб, оперованих з приводу пухлин черевної порожнини, в залежності від методу анестезії. Виявилося, що включення рефлексотерапії в анестезію нормалізує клітинний імунітет [13]. Інші китайські дослідники вивчали ефект лазерної рефлексотерапії на рівень в сироватці інтерлейкінів 2 і 12 (IL-2 і IL-12), активність клітин NK у мишей Н-22 з пухлинами. Продемонстровано, що такий вплив достовірно підвищує IL-2 і IL-12, а також активність клітин NK в порівнянні з контрольною групою. Автори роблять висновок про те, що, можливо, РТ здатна тим самим гальмувати ріст пухлини [14].

1.3 Біостимулюючий ефект лазерного опромінення

Лазерне світло з терапевтичними параметрами не викликає у хворого суб'єктивних відчуттів при попаданні на шкіру, однак зміни в тканинах,

					БМ61.19.2505.1191	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

викликані цим впливом, призводять до прогнозованих і відтворюваних результатів. Філо- та онтогенетично взаємовідносини зовнішніх покривів тіла людини з внутрішніми органами обумовлюють широкий спектр реакцій організму на активацію точок через відповідну реакцію ВНС і ЦНС на опромінення за рахунок численних безумовних і умовних зв'язків, що доведено експериментально і клінічно [15].

Біологічно активна точка - це проєктована на шкіру ділянка найбільшої активності системи взаємодії покрив тіла - внутрішні органи. Електрофізіологічні характеристики цих точок досить специфічні і пов'язані зі зміною функціонального стану внутрішніх органів і сполучених з ними нервових зв'язків певних відділів головного мозку. Лазерна активація біологічно активних точок супроводжується змінами фізіологічних характеристик відповідних органів, нормалізує їх порушену діяльність. Органонапрявлені, сегментарні і загальні реакції організму можуть мати не тільки тонізуючий, але і знижуючий тонус характер.

Особливості методик лазерної акупунктури:

- мала зона впливу (діаметр 0,5-3 мм);
- неспецифічний характер активації рецепторних структур;
- можливість викликати спрямовані рефлекторні реакції;
- неінвазивність впливу, асептичність, комфортність;
- можливість точного дозування впливу;
- можливість застосування методу як самостійного для вирішення практичних завдань на певному етапі лікування, так і в поєднанні з різними медикаментозними, дієто- і іншими фізіотерапевтичними видами лікування.

Точковий вплив мінімальною енергією лазерного світла в зоні активних точок завдяки просторово-часовій сумачії призводить до розвитку багаторівневих рефлекторних і нейрогуморальних реакцій організму, перш за все нормалізуючи гомеостаз. Різні відділи ЦНС беруть диференційовану участь в рефлекторній відповіді, у процес втягується стоволово-діенцефальна система,

					БМ61.19.2505.1191	Лист
Змін	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		22

підтвердженням чого є генералізований, симетричний характер змін, що виникають на електроенцефалограмі, таламус забезпечує вибірковість щодо окремих параметрів роздратування (його частоти та інтенсивності). Реакція, що виникає за участю таламуса, згасає повільно, а реакція з участю ретикулярної формації характеризується швидкою виборчою адаптацією.

Низькоінтенсивне лазерне випромінювання червоного спектра (650 нм) проникає досить глибоко для того, щоб в зону лазерного освітлення потрапили рецептори, різні клітини, нервові зплетення, лімфатичні і кровоносні судини. Відповідно до сучасних уявлень, зовнішнє роздратування біологічно активних точок перетворюється в нервові збудження, сприймається як ВНС, так і ЦНС. Загальна реакція організму на лазерний вплив здійснюється двома основними шляхами: нейрогенним і гуморальним. Стимулюється синтез глюкокортикоїдів та інших гормонів, збільшується синтез простагландинів Е і F, енкефалінів і ендорфінів. Гуморальні зміни залежать від спрямованості вихідного фону; у більшості випадків відбувається нормалізація складу крові і активація мікроциркуляції. Ефекти кумуються і досягають максимуму до 5-7ї процедури [15].

При аналізі впливу низькоінтенсивного випромінювання на біологічні об'єкти зазвичай виділяють такі рівні реалізації відповідної реакції: субклітинний - виникнення збуджених станів молекул; стереохімічна перебудова молекул; збільшення швидкості синтезу білка, РНК, ДНК; прискорення синтезу колагену і його попередників; зміна кисневого балансу і активності окисно-відновних процесів; клітинний - зміна заряду електричного поля клітини, її мембранного потенціалу, підвищення проліферативної активності і т.д.; тканинний - зміна рН міжклітинної рідини, морфофункціональної активності і мікроциркуляції; органний - нормалізація функції будь-якого органу; системний - виникнення відповідних комплексних адаптаційних нервово-рефлекторних і нервово-гуморальних реакцій з активацією симпатoadреналової та імунної систем. Кінцевим результатом

					БМ61.19.2505.1191	Лист
						23
Змін	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

лазерної біостимуляції є нормалізація різнопланових процесів, профілактика і лікування патологічних процесів, а також підвищення резистентності організму і розширення меж його адаптації, тобто сприйнятливості до різних захворювань.

На рисунку 1.2 зображена схема основних біологічно активних точок для впливу лазерною рефлексотерапією.

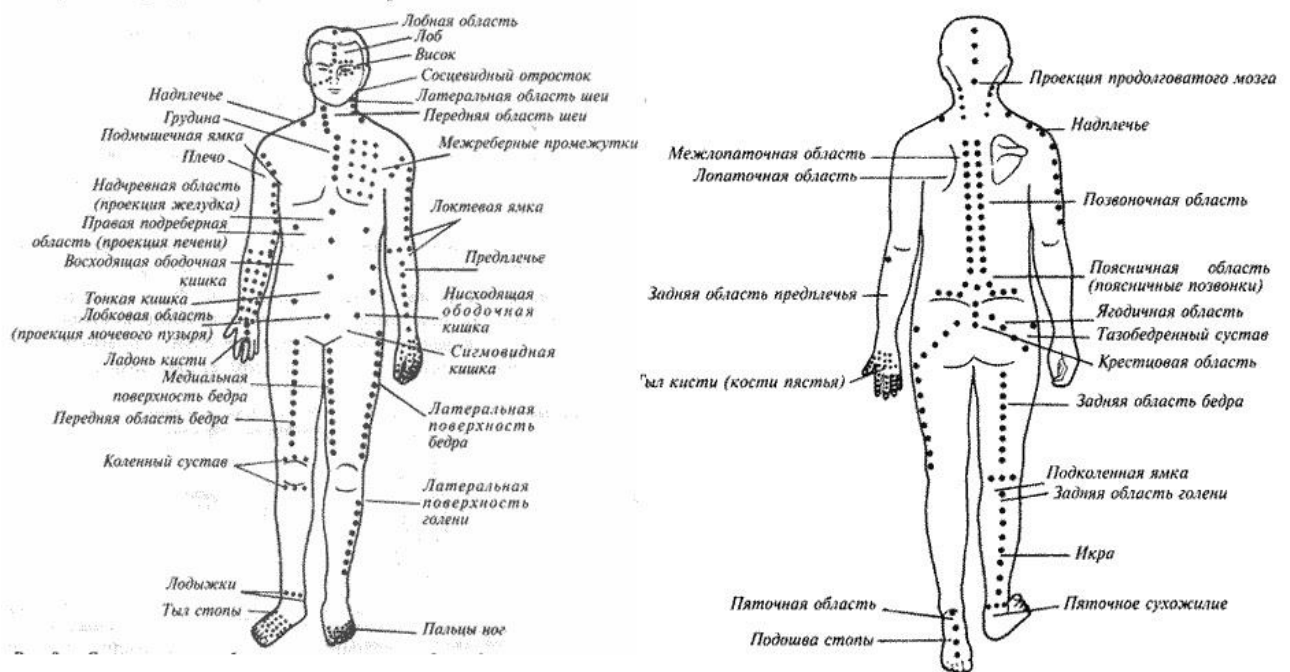


Рисунок 1.2 – Схема основних біологічно активних точок людини

Механізм дії лазерного випромінювання пов'язують з його унікальними фізичними властивостями, такими як монохроматичність, когерентність, поляризованість, мала розбіжність, які обумовлюють його комплексний вплив на біотканини. В узагальненому вигляді основні ефекти, що виникають в результаті лазерного опромінення біотканин представлені на рис. 1.3. Виділяють наступні фактори лазерного впливу: електромагнітне (світлове); термічне; механічне. Домінуючий вплив того чи іншого чинника залежить від властивостей тканин опромінюваного біологічного об'єкта:

- оптичних характеристик;
- електричних властивостей;

- механічних властивостей;
- біохімічних властивостей;
- теплових властивостей;
- акустичних властивостей і ін.

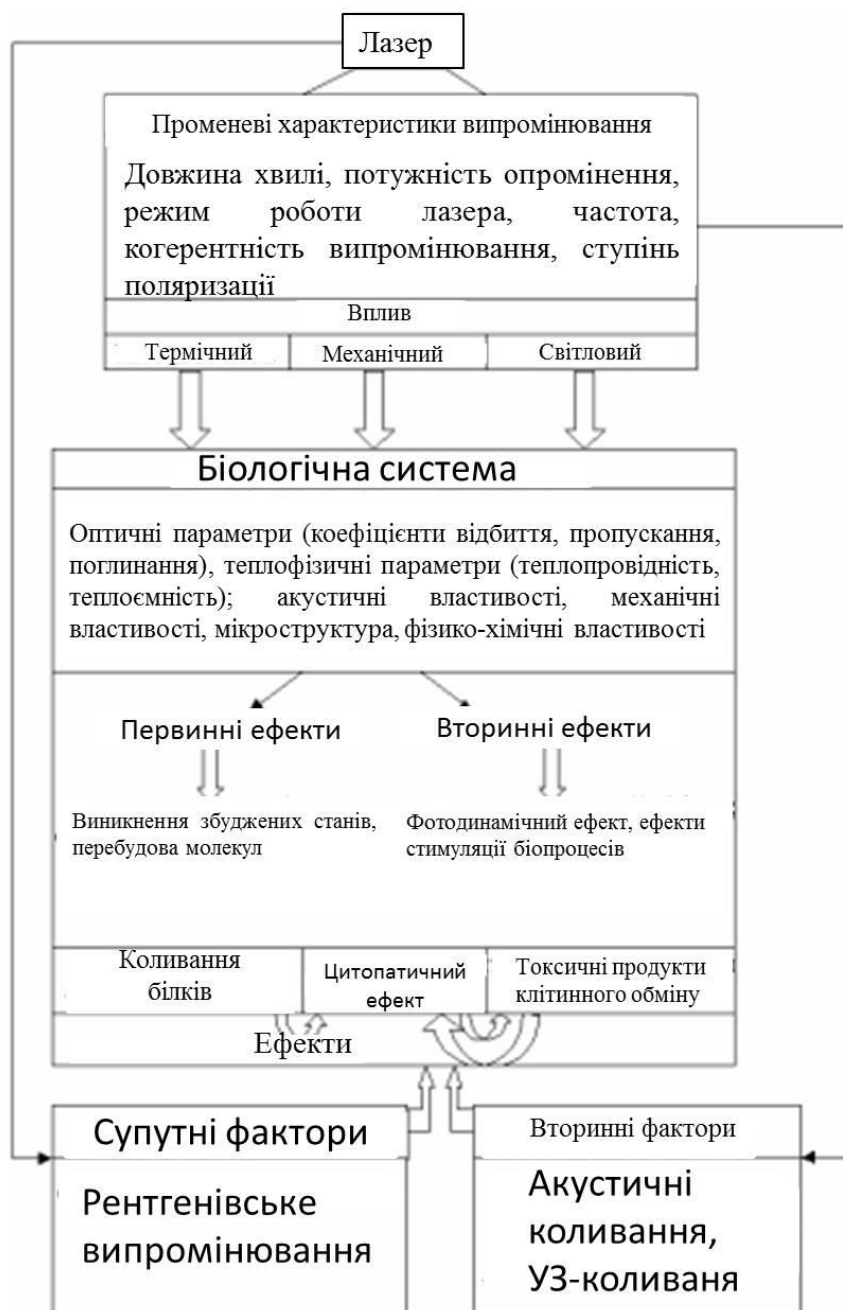


Рисунок 1.3 – Основні ефекти, що виникають в результаті лазерного опромінення біотканин

Інтенсивність і специфічність прояву реакцій на лазерний вплив визначається дозою, біологією, просторово-часовими характеристиками біооб'єкту і агентом, що впливає [16].

Біофізичні зміни в біологічних тканинах, викликані тепловими межами біологічних реакцій, при впливі лазерного випромінювання представлені на рис. 1.4 [17].

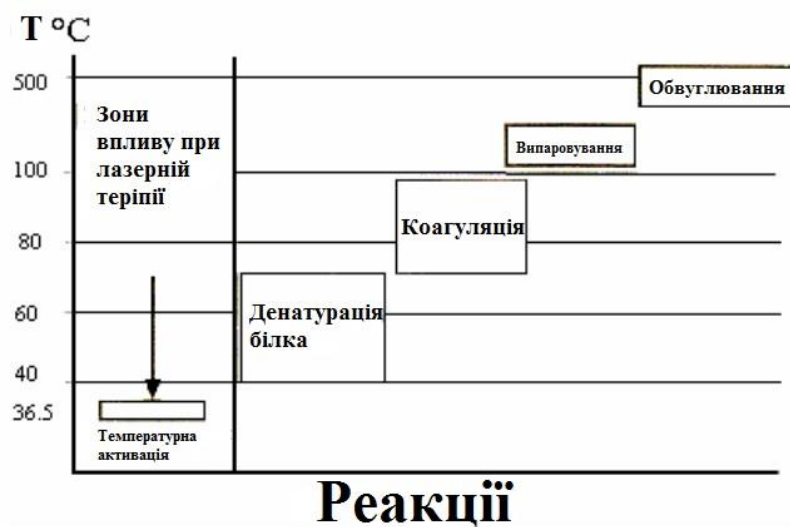


Рисунок 1.4 – Біофізичні зміни в біологічних тканинах, викликані тепловими межами біологічних реакцій

В основі терапевтичного ефекту складного механізму взаємодії низькоенергетичного електромагнітного випромінювання з живим організмом лежать фотофізичні і фотохімічні реакції, пов'язані з резонансним поглинанням енергії випромінювання біотканиною, а також зі сприйняттям енергії випромінювання і перенесенням ефекту впливу рідкими середовищами організму на декількох рівнях впливу. Характер і рівні цих взаємодій залежать як від спектра випромінювання, так і від спектральних характеристик біотканин.

На нижчому атомно-молекулярному рівні взаємодії відбувається поглинання падаючого електромагнітного випромінювання різними біотканинами і біологічними рідинами. В результаті поглинання енергії світла

виникають електронно-збуджені стани атомів і молекул цих речовин, подальша міграція електронного збудження, первинний фотофізичний ефект і поява первинних фотопродуктів, що підсилює обмін речовин [18, 19].

Для виникнення фотохімічних і фотофізичних реакцій на молекулярному рівні необхідно забезпечити перехід молекул (атомів) в збуджений стан шляхом підведення до них ззовні певної порції енергії на частоті, близькій до однієї з резонансних частот коливань. При цьому тривалість імпульсу енергії повинна бути не менше необхідного для даної молекули часу накопичення - порядку декількох десятків наносекунд. Після збудження молекула віддає накопичену енергію оточуючим молекулам і атомам, викликаючи протікання фотофізичних і фотохімічних реакцій. Для збудження молекул в тканинах людського тіла необхідно передати їм енергію не нижче порогової, яка визначається енергетичними рівнями електронів на різних орбітах. При збільшенні щільності потоку потужності збільшується енергія, накопичена молекулою, а також число збуджених молекул, що підсилює інтенсивність протікання реакцій і, тим самим, терапевтичний ефект [19].

Будь-які хімічні речовини мають спектри поглинання, при цьому спектри поглинання органічних молекул, що входять до складу біотканин є лінійчатими, а поглинання є резонансним. Якщо довжина хвилі випромінювання збігається з однією з власних довжин хвиль поглинання молекули, то випромінювання поглинається найбільш сильно, а тому проникає в біотканини на меншу глибину. Внаслідок величезного розмаїття біологічних молекул в організмі число ліній поглинання біотканиною велике і можна говорити про усереднену залежність значень коефіцієнта поглинання від діапазонів довжин хвиль.

Якщо енергія фотона дорівнює енергії, необхідній для переходу електрона в атомі на більш високу орбіту (тобто частота випромінювання збігається з резонансною частотою молекули), то при взаємодії з фотоном електрон перескакує на одну з вищих, нестійких для нього орбіт. Потім

					БМ61.19.2505.1191	Лист
Змін	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		27

електрон повертається на колишню орбіту з випусканням фотона. Таке випромінювання називається вторинним. Вторинні фотони поширюються у всіх напрямках і викликають переходи електронів і збудження сусідніх молекул органічної тканини з іншими резонансними частотами. Цей ефект називається розсіюванням. Крім того, рідкі середовища організму (кров, лімфа) розносять збуджені молекули по всьому організму, що збільшує розсіювання. Завдяки розсіюванню, монохроматичне, поляризоване і когерентне лазерне випромінювання вже на глибинах в долях сантиметра стає немонохроматичним, неполяризованим і некогерентним, тобто лазерне випромінювання перетворюється в широкосмугове теплове випромінювання. Це випромінювання біологічно набагато менш активно і викликає місцевий нагрів тканин, при цьому теплова енергія концентрується в основному на клітинних мембранах, що підсилює міжклітинний обмін речовин, в основному визначаючи терапевтичний ефект впливу [18]. Лазерне випромінювання здатне призводити до істотної неоднорідності температурного градієнта в тканинах, особливо на рівні однієї клітини або її органел [19]. Це може впливати на константи швидкості біохімічних реакцій, призводити до деформації клітинних мембран, зміни їх трансмембранних потенціалів і т.п. Перебіг ендотермічних хімічних реакцій залежить, як показують багато фізичних досліджень, не тільки від середньої теплової енергії, що підводиться до реагентів, але і від швидкості і частоти нагрівання, що може впливати на константи термохімічних реакцій [13].

Висновок до розділу 1

У даному розділі були досліджені літературні джерела з лазерних технологій, особливо з практичних аспектів використання лазерного

випромінення. Наведені основні характеристики даного виду впливу в якості фізичної дії на біологічні тканини, а саме монохроматичність, когерентність, поляризованість, та інші. Крім цього, розглянуті основні методи лазерної неінвазивної терапії, надана інформація щодо змінюваних параметрів цих методик. Окремо описаний метод лазерної рефлексотерапії, що і є основним методом, описуваним у роботі. Найголовніше, наведена корисна дія лазерної стимуляції біологічно активних точок людини. Опромінення біоактивних зон викликає каскад відповідей і реакцій, як на мікрорівні, так і системно.

					БМ61.19.2505.1191	Лист
						29
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ ШКІРИ ЛЮДИНИ

2.1 Розробка структурної та оптичної схем оптичного пристрою для опромінення шкіри людини

На рис. 2.1 зображена побудована структурна схема приладу для лазерної рефлексотерапії.

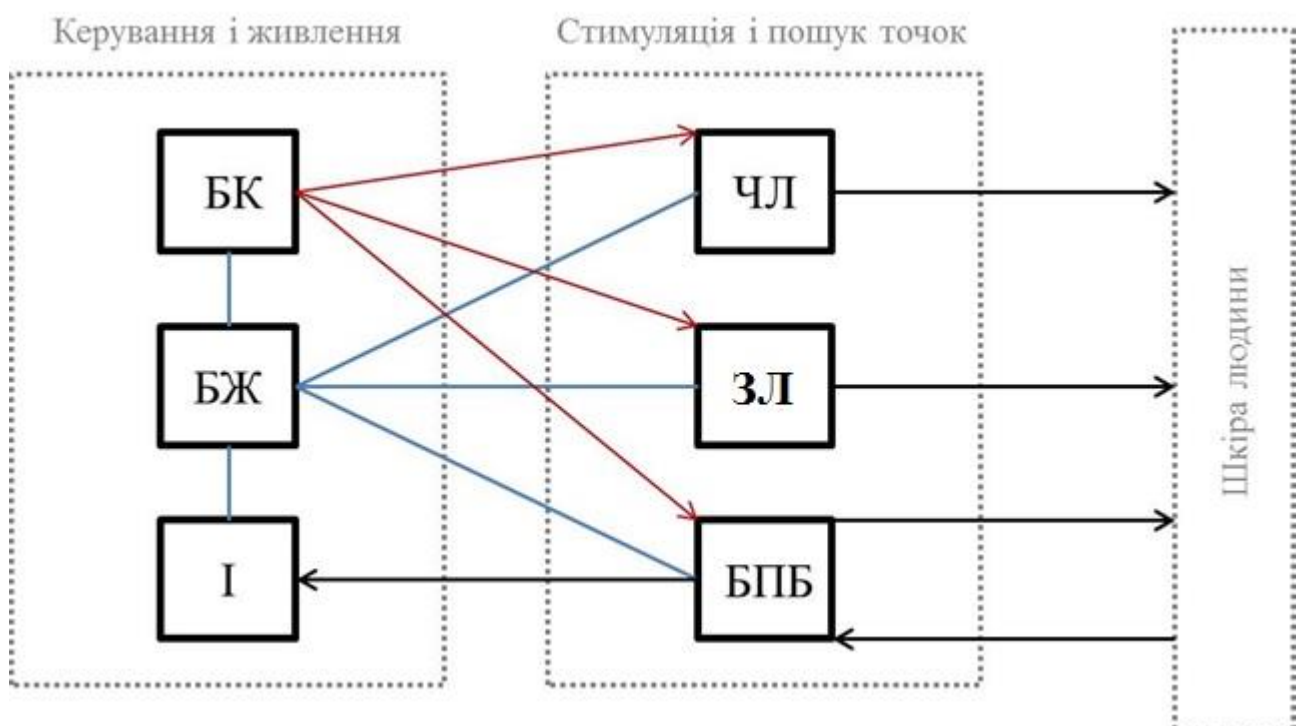


Рисунок 2.1 – Структурна схема приладу для стимуляції біологічно активних точок. БК – блок керування, БЖ – блок живлення, І – індикація, ЧЛ – червоний лазер, ЗЛ – зелений лазер, БПБ – блок пошуку біологічно активних точок

Зроблена структурна схема відображає принцип роботи приладу. Блок керування потрібний для увімкнення таких складових лазера, як пошук точок, а також самі червоний та зелений лазери. Блок пошуку точок при увімкненні контактує зі шкірою людини і після знаходження точки подається сигнал на

блок індикації. Сигнал може бути світловий або звуковий. Усі структурні блоки під'єднані до блоку живлення, що і є джерелом енергії. В ідеальному варіанті необхідно зробити прилад повністю незалежним від мережі.

На рис. 2.2 зображена оптична схема лазера на основі лазерного діоду.

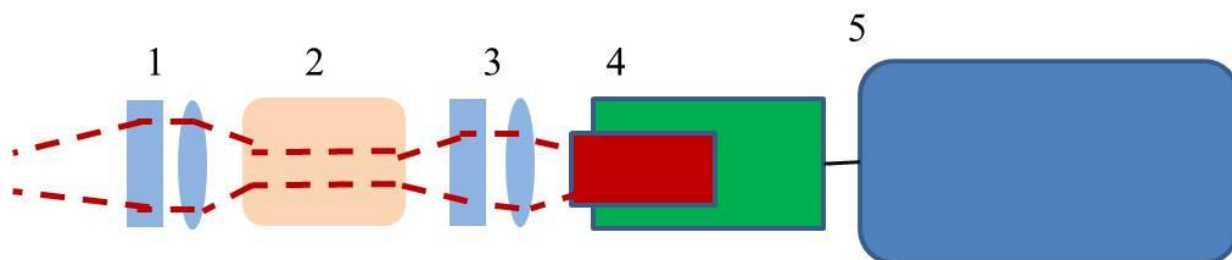


Рисунок 2.2 – Оптична схема лазера. 1 – фокусна оптика (вихідна), 2 – кристал (в залежності від потрібного вихідного випромінювання), 3 – фокусна оптика (початкова), 4 – лазерний діод на схемі керування лазером, 5 – блок живлення

На цій схемі можна побачити, як оптично влаштований лазер на основі лазерного діода. Початкова та вихідна фокусні оптики потрібні для того, щоб формувати стабільний потік лазерного випромінювання із необхідним фокусуванням. Кристал (або система кристалів абл інших подібних тіл, фільтрів) необхідний для того, аби на виході отримувати необхідну довжину хвилі випромінювання.

2.2 Розробка пристрою пошуку біологічно активних точок людини

Певні труднощі, особливо на ранніх етапах застосування рефлексотерапії, викликає процес правильного визначення місцезнаходження біологічно активних точок на тілі. До теперішнього часу відомі певні напрацювання, деякі пристрої і способи детекції та діагностики біологічно активних точок. Контролюючи властивості цих точок, зокрема, опір постійному струму, можна простежити за зміною стану внутрішніх органів, визначати ефективність

прийому медикаментозних засобів і проведення лікувальних процедур, а також оптимізувати їх. Можна спостерігати динаміку хвороби і одужання з кількісною оцінкою ступеня відхилення від нормального стану, швидкості повернення в стан норми.

Одним з найбільш достовірних і наочних методів діагностики патології внутрішніх органів вважається метод Р. Фолля і його модифікації. Відповідно до цього методу передбачається, що при вимірюванні електричного опору біологічно активних точок можна за непрямыми даними (зміни електричного опору) контролювати зміну стану цих органів. Кожному життєво важливого органу відповідає свій набір біологічно активних точок. Вважається, що при нормально-функціонуючому стані організму електричний опір між точками і загальним електродом має перебувати в деяких допустимих межах. Чим більше значення електричного опору контрольованої точки, що відповідає за стан певного органу, відрізняється від допустимого значення, тим більш виражений патологічний процес. Наприклад, опір, що перевищує норму, відповідає розвитку процесів деградації, старіння, порушення трофіки тканин, зниження тону судин, або ж патологічних процесів у системах органів. Знижений опір також може передбачати розвиток запальних процесів, пов'язаних з гострим періодом хвороби.

Вважається, що перший прилад для вимірювання електричних потенціалів шкіри був сконструйований Фоллем спільно з інженером Вернером в 1953 р. Проводячи дослідження, Фолль в біологічно активних точках виявив значення потенціалів, що відрізняються від потенціалів розташованих зовсім поруч ділянок. Результати проведених експериментів показали, що розташування точок чітко визначаються електричними методами, які забезпечують високу точність і достовірність знаходження цих точок. Застосовувана методика практично безпечна, якщо струм, що пропускається через шкіру людини, не перевищує десятків мікроампер. Окрім цього, при пошуку БАТ бажано не використовувати постійний струм, який за рахунок

					БМ61.19.2505.1191	Лист
						32
Змін	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

електролізу спотворює реальну картину стану біологічно активних точок. Одним з перших пристроїв для визначення місця розташування точок на тілі людини був омметр, яким вимірювався опір точок на шкірі.

Тобто, пошук точок на тілі відбувається по їх провідності. У біологічно активних точках спостерігається відносно низький електричний опір, що фіксується на площі близько 2 мм, при цьому він рівний приблизно 800 кОм, а вже на відстані від цієї точки опір збільшується приблизно до 1,4 МОм.

На рис. 2.3 зображена схема пристрою для пошуку біологічно активних точок на тілі людини. Схема змодельована у середовищі MicroCap 9.



Рисунок 2.3 – Схема приладу для пошуку біологічно активних точок, змодельована у середовищі MicroCap 9

Схема розрахована для поміщення у металевий корпус, який і буде пасивним електродом. На одній стороні корпусу закріплений ізолятор активного пошукового електрода, а на іншій стороні - світлодіод індикації. Пасивним електродом служить металевий корпус, який при пошуку точок тримається в руці. До інвертуючого входу компаратора DA1 підключається активний пошуковий електрод. Резистор R1 визначає вхідний опір пристрою, конденсатор C1 служить для фільтрації наведень, резистор R2 обмежує струм

індикаторного світлодіоду D1. Змінним резистором R4 регулюється напруга, що подається на тіло людини (через пальці, які утримують корпус пристрою). Резистори R3 і R5 обмежують поріг зміни напруги. Напруга між пошуковим і пасивним електродами не більше 5 В, струм - не більше 0,5 мкА. Струм споживання пристрою в режимі очікування - 1 мА, а якщо світиться світлодіод – 5-6 мА. Пристрій працює від батареї "Крона". Поміщення пошукового електроду (який сам має маленький діаметр – менше 5мм, і переважно має срібне покриття) відбувається у тримач-ізолятор, що виготовлений з матеріалу, що не є провідником. Цей тримач має деякий діаметр отвору, в якому знаходиться сам пошуковий електрод.

2.3 Розробка схеми живлення лазера

Для стимуляції біологічно активних точок в приладі було вирішено використовувати два напівпровідникові лазери – червоний та зелений. Це обумовлено тим, що, не дивлячись на низку робіт з ефективності використання інфрачервоного випромінювання (що спочатку і було ціллю реалізації в роботі), також інші роботи показують некоректність використання інфрачервоного випромінювання, оскільки в процесі є ціль впливати на досить обмежені за розмірами зони, що зумовлює необхідність візуальної підтримки процесу. Отже, було обрано використовувати зелене випромінювання, аде є роботи, які також підтверджують використання цих довжин хвиль при лазерній рефлексотерапії. Оптимальними для виконання поставлених задач є лазери з потужністю випромінювання 5 мВт. Зелений лазер GLD-6005 з довжиною хвилі 535 нм споживає струм 210 мА, при цьому падіння напруги на ньому 1.9 В [20]. Червоний лазер PL65C005100A з довжиною хвилі 650 нм з оптимальним значенням струму 80 мА та падінням напруги 2 В [21].

					БМ61.19.2505.1191	Лист
Змін	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		34

Для забезпечення надійності і довговічності роботи вищевказаних лазерів, вони повинні живитись стабільним інжекційним струмом і повинні бути захищені від швидких перепадів струмів та мережевих завад.

Зважаючи на ці потреби була розроблена принципова електрична схема живлення, яка представлена на рис. 2.4

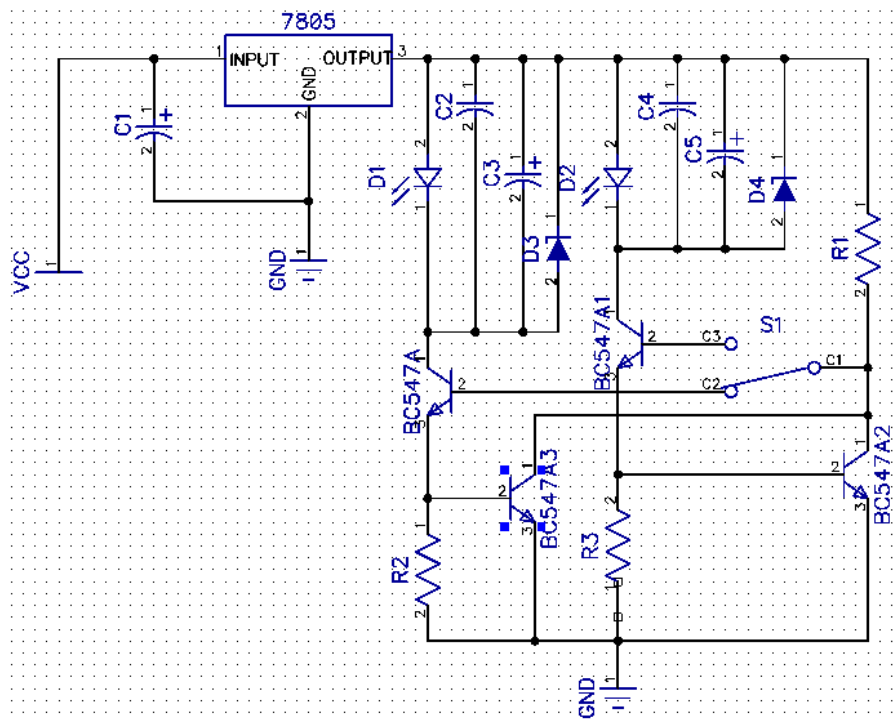


Рисунок 2.4 – Принципова електрична схема живлення двох напівпровідникових лазерів

Дана схема заснована на роботі пасивного регулятора напруги 7805 та біполярних транзисторах. Лазерні діоди підключені у паралельні вітки, які можна поперемінно вмикати за допомогою члюча. Обидва лазери одночасно вмикатись не будуть.

Струм через резистор R1 в даному випадку буде розраховуватись за наступною формулою:

$$I_{R1} = \frac{0,6}{R^*}, \quad (2.1)$$

де I_{R1} – струм через резистор R1, R^* – опір резистора R2 або R3 в залежності від того, яка частина схеми увімкнена. Струм через резистори R2 та R3 можна розрахувати з такими формулами:

$$I_{R2} = \frac{I_{R1}}{10}, \quad (2.2)$$

$$I_{R3} = \frac{I_{R1}}{10}, \quad (2.3)$$

де I_{R2} – струм через резистор R2 і при цьому ж струм через перший лазерний діод (зелений). I_{R3} – струм через резистор R3 і при цьому ж струм через другий лазерний діод (червоний).

Отримавши з (2.2) і (2.3) I_{R1} , підставивши їх в (2.1) та врахувавши оптимальні значення струмів через лазери, можемо розрахувати потрібні опори для резисторів. Отже, $R2 = 0,3 \text{ Ом}$, $R3 = 0,75 \text{ Ом}$, а R1 обираємо 2 кОм.

Конденсатори C2 та C3, C4 та C5 підключені паралельно до лазерних діодів, для того, щоб згладжувати скачки при перемиканні та межереві завади. C4 захищає від того ж регулятор напруги.

Стабілітрони пропускаються у схему для того, щоб пропускати через себе надлишковий струм і запобігати перенавантаженню світлодіода.

Далі, згідно з розробленою принциповою схемою була створена монтажна друкована схема живлення напівпровідникових лазерних діодів. Для проектування було використане середовище DipTrace, результат показаний на рис. 2.5.

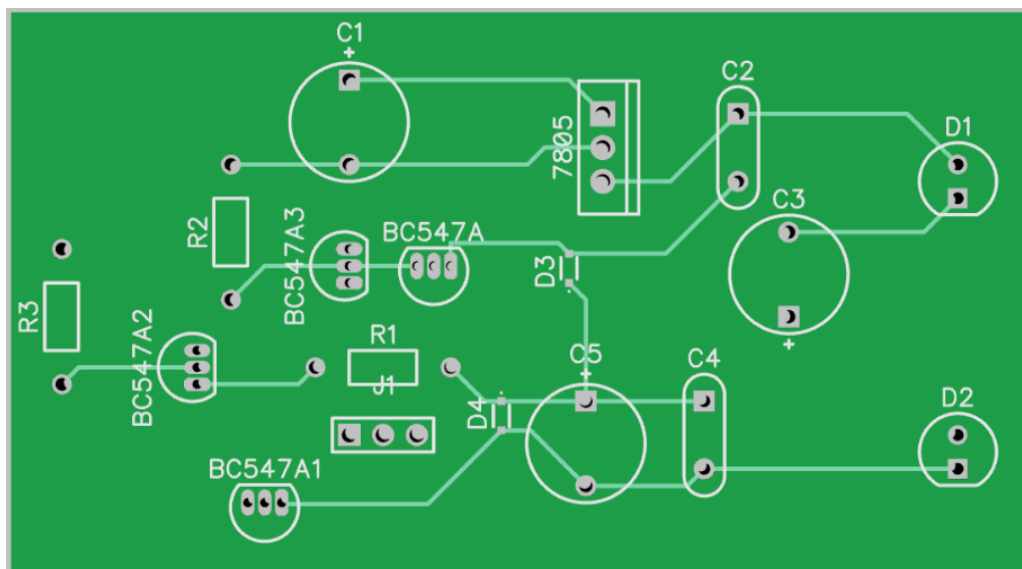


Рисунок 2.5 – Монтажна схема живлення лазерів

Отже, використовуючи дані розробки, можна буде створити друковану плату для майбутнього приладу у подальших розробках.

Висновок до розділу 2

У даному розділі були створені структурна та оптична схеми лазерного опромінювача. Ці схеми показують взаємозв'язок компонентів та оптичну роботу лазера. Також, був проаналізований та описаний спосіб пошуку біологічно активних точок на тілі людини. Зокрема, відомо, що, використовуючи електричні методи, можна знайти біологічно активну точку по її провідності. У середовищі MicroCap була побудована електрична схема приладу, що дозволяє знаходити біологічно активні точки. Поміщення цієї схеми розраховано на металевий корпус, що буде служити пасивним електрод, маючи контакт з пальцями людини. Окрім цього, було розроблена схема живлення апарату. Враховуючи, що однією з інновацій є можливість використання в цьому приладі як червоного, так і зеленого лазера, схема була розрахована на живлення двох діодів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЮВАЧА ШКІРИ

3.1 Розробка конструкції корпусу оптичного пристрою для лазерного опромінення шкіри людини

Для розробки конструкції приладу лазерної рефлексотерапії із модифікацією необхідно враховувати досвід попередніх приладів та їх конструкційні недоліки. Так, на рисунку 3.1 зображений відокремлений прилад для пошуку біологічно активних точок.

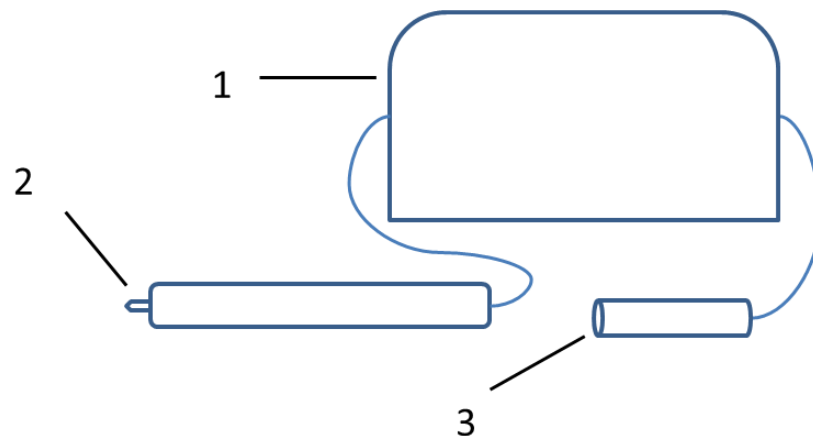


Рисунок 3.1 – Схематичне зображення приладу для пошуку точок. 1 – блок керування і живлення, 2 – активний пошуковий електрод, 3 – пасивний електрод

Як видно, така конструкція передбачає недостатню мобільність та комфортність у використанні, не кажучи про те, що це окремий представлений прилад лише для пошуку точок. Також, некомфортним є той момент, що пасивний електрод має триматися у руці під час виконання процедури, що робить обидві руки зайняті при маніпуляції.

На рисунку 3.2 зображено схематично пропоновану конструкцію лазерного терапевтичного приладу для рефлексотерапії.

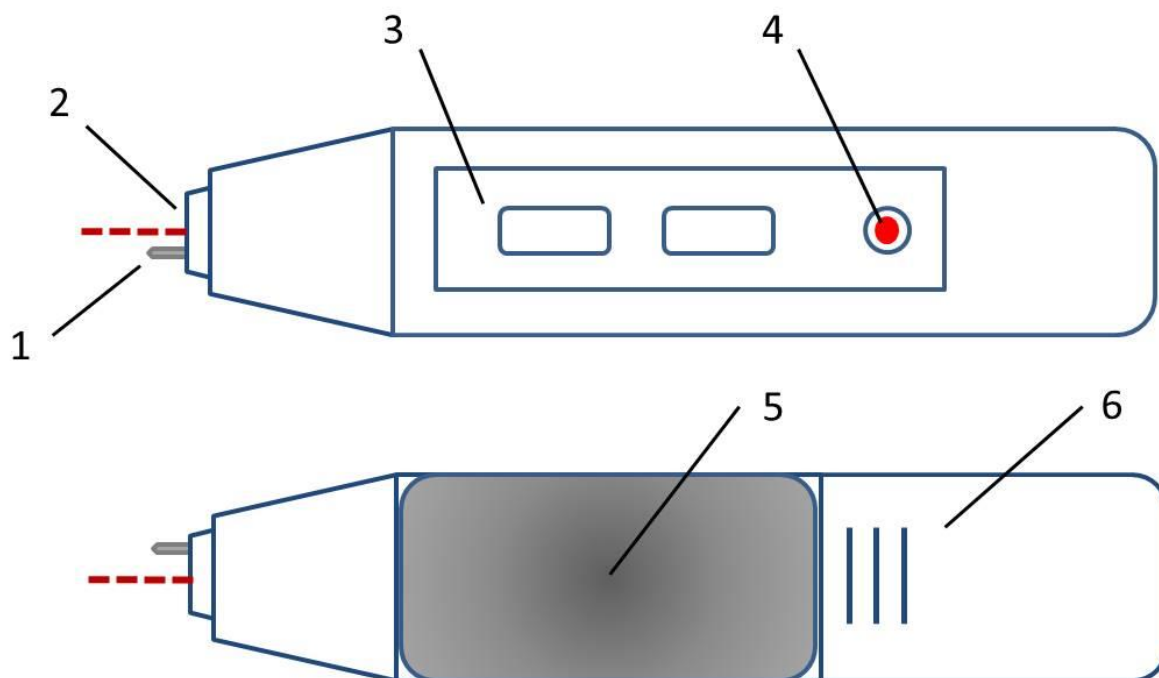


Рисунок 3.2 – Схема пропонованої конструкції лазерного терапевтичного приладу. 1 – пошуковий електрод, 2 – отвір для виходу лазерного променя, 3 – панель керування, 4 – індикація роботи приладу, 5 – вбудований у корпус пасивний електрод, 6 – зйомна кришка блоку живлення

Побудована схема відображає основні вимоги до приладу. Основними особливостями та інноваціями у апараті є вбудований прилад для пошуку точок, що має індикацію, також малогабаритність, зручність у використанні та незалежне від мережі живлення.

Далі, в програмному комплексі SolidWorks була побудована трьохвимірна модель малогабаритного монохроматичного опромінювача біологічних точок людини, враховуючи всі вимоги та розроблені елементи, а саме схему живлення із двома лазерними діодами, блоку пошуку точок (відповідно, активний та пасивний електроди розташовані для ергономічного користування), індикація блоку пошуку точок при знаходженні необхідної зони.

На рисунку 3.3 зображений загальний вигляд розробленого апарату лазерної стимуляції.

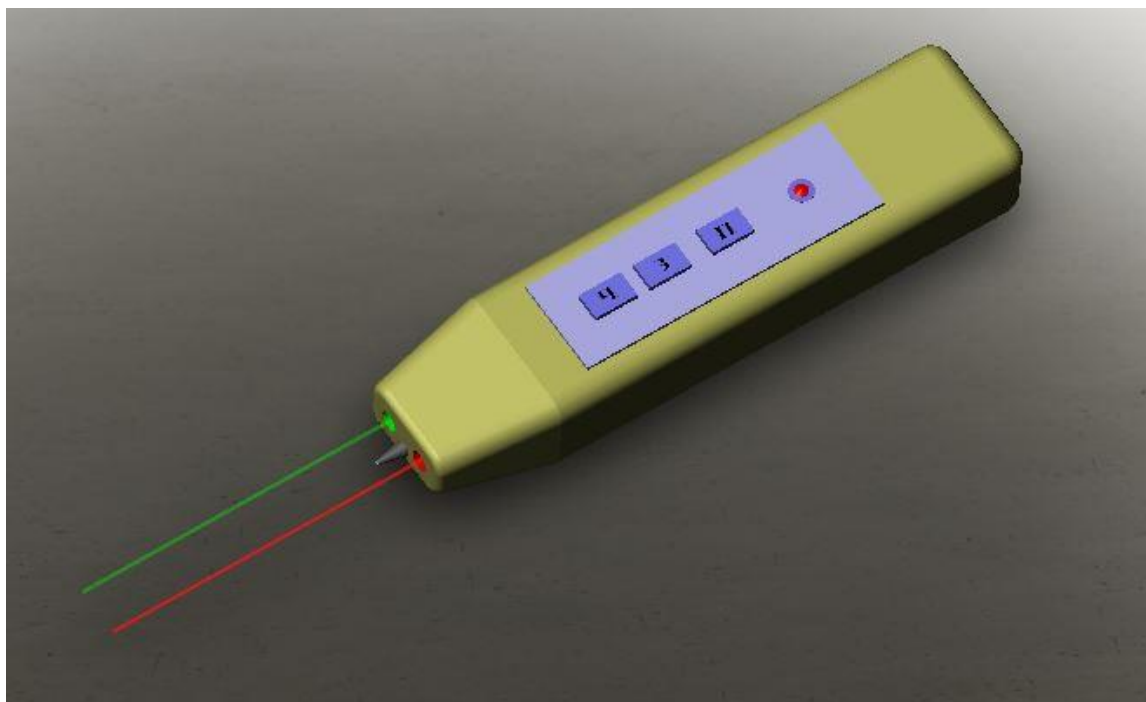


Рисунок 3.3 – Трьохвимірна модель апарату лазерної стимуляції

Як видно з малюнку, трьохвимірна модель реалізована за попереднім схематичним кресленням, що передбачає компактність розміщення внутрішніх елементів, малогабаритність приладу в цілому, наявність інтуїтивно-зрозумілої панелі керування, де символи на кнопках відповідно позначають: «Ч» - червоний, «З» - зелений, «П» - пошук точок. Також присутній світлодіод індикації, що спрацьовує, коли точка знайдена. (Детально зображено на рис 3.4)

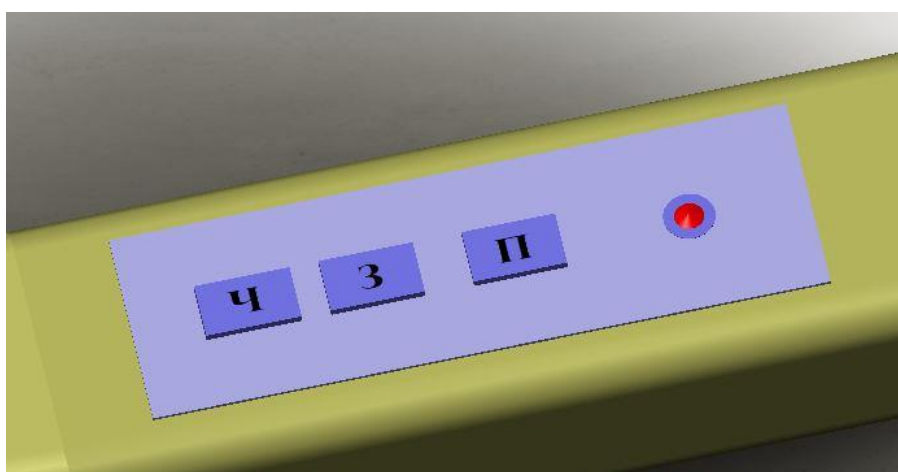


Рисунок 3.4 – Зображення панелі керування лазером

Відповідно зеленим та червоним променями позначений хід лазерних променів та уявну роботу лазера.

На рисунку 3.5 зображено отвори для лазерних променів та пошуковий електрод з переднього торця апарату. Отвори та електрод розташовані таким чином, щоб відстань між цими об'єктами була мінімальною та було зручно освітлювати необхідну зону одразу після того, як ця зона буде знайдена електродом.

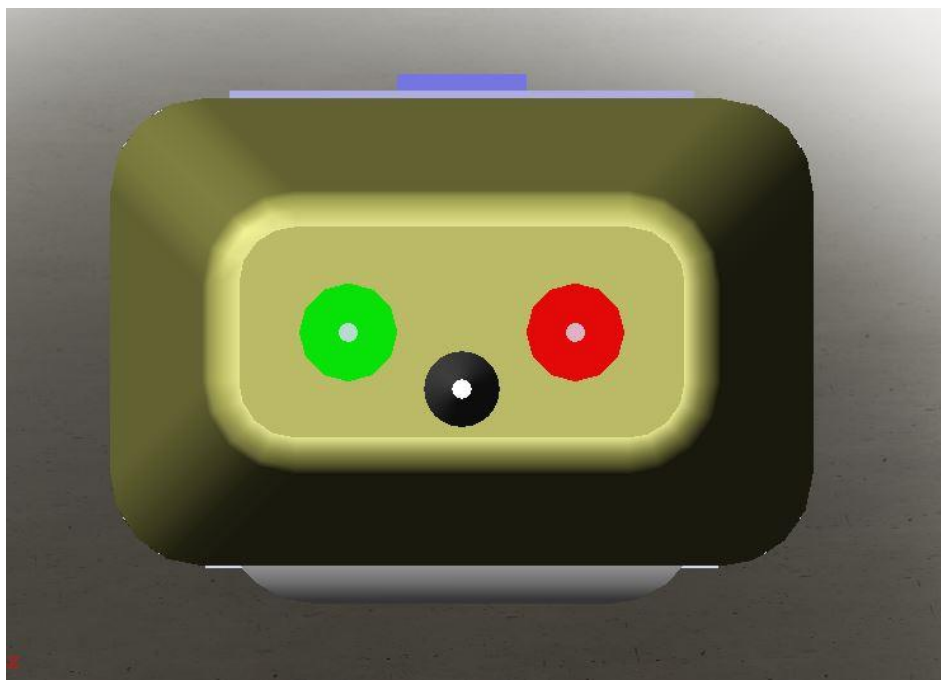


Рисунок 3.5 – Зображення переднього торця апарату із отворами під хід лазерних променів та пошуковим електродом

На рисунку 3.6 зображений зворотній вид апарату, де можна побачити відсік для акумулятора та пасивний електрод, що виступає з корпусу приладу. Пошуковий електрод вибраний і розташований таким чином, або було зручно користуватися приладом: людина прикладає три пальця руки на пошуковий електрод, а великим пальцем може натискати на кнопки керування. Відсік для акумулятора розрахований на батарею типу «Крона» і знімається для заміни або перевірки акумулятора.

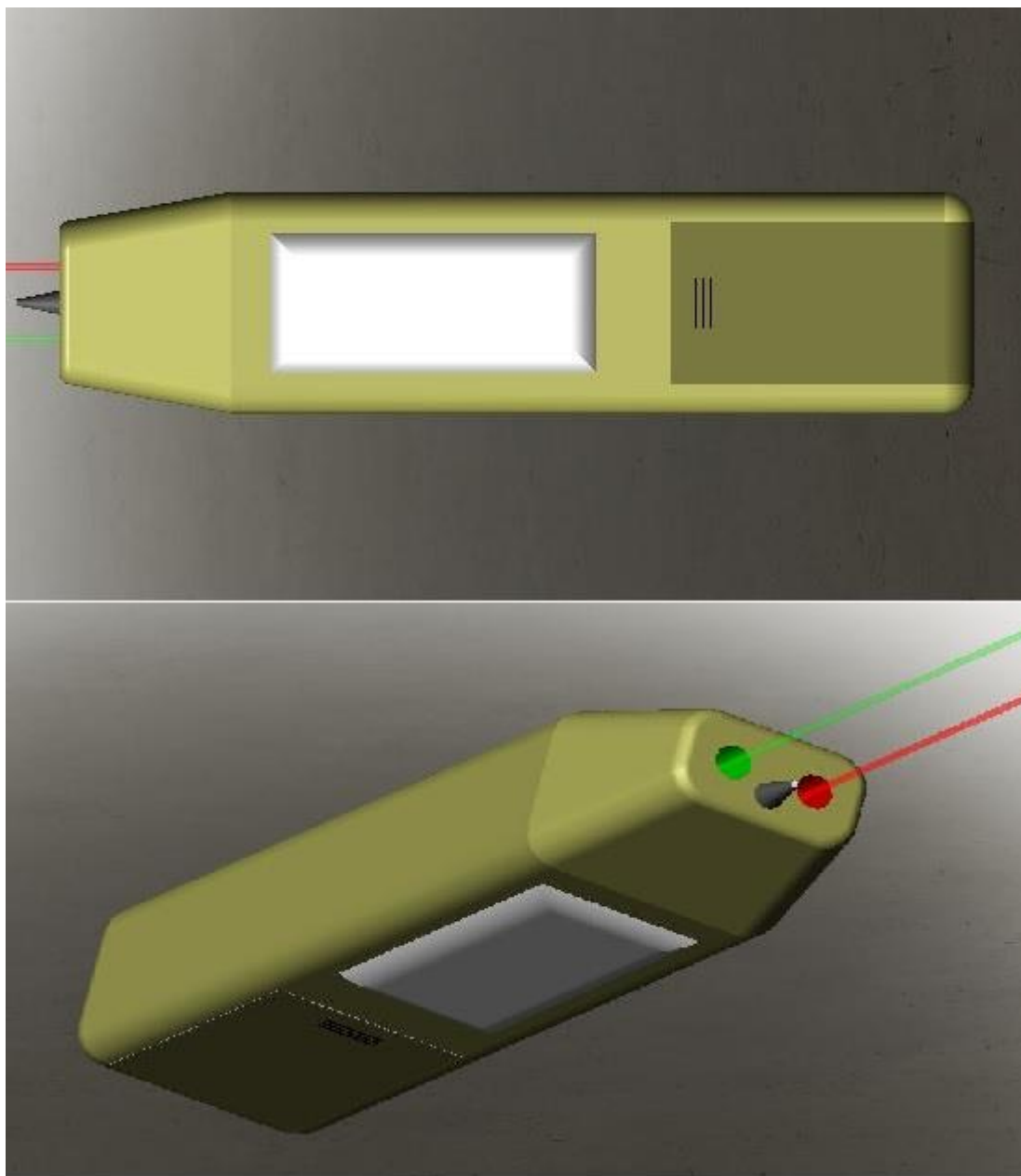


Рисунок 3.6 – Зворотній вид лазерного стимулятора

Якщо говорити про вибір матеріалів для конструкції, то для корпусу, перш за все, важливими параметрами є мала маса та відносно мала ціна. Отже, для корпусу (тобто коробки для приладу) раціонально обрати АБС-пластик, з якого також виготовляються інші прилади та допоміжні засоби для сфери медицини. Для пасивного і активного електрода є специфічні вимоги. Для цих елементів приладу необхідна велика провідність, адже вони, власне, є частинами блоку пошуку біологічно активних точок. Для електродів такого

типу, наприклад, в електротерапії, зазвичай пропонується латунь. Пошуковий щуп можна також виготовляти із провідника з срібним покриттям.

Висновок до розділу 3

У даному розділі наведені схематичні зображення майбутньої конструкції приладу та відокремленого апарату для вимірювання опору шкіри. Наведені основні вимоги до приладу, а саме вбудована можливість пошуку точок з індикацією, що є комфортна у використанні, малогабаритність, незалежність живлення та зручність у використанні.

Також була створена детальна 3D-модель приладу із урахуванням всіх розроблених вдосконалень та медико-технічних вимог. Також, згідно з цими вимогами, наведені рекомендації щодо вибору матеріалів майбутнього апарату.

					БМ61.19.2505.1191	Лист
						43
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Технічні характеристики монохроматичного опромінювача

Проектується малогабаритний монохроматичний опромінювач біологічно активних точок людини. Даний пристрій використовується як засіб терапії захворювань різного спектру або як профілактично-лікувальний вплив для полегшення симптомів при комплексних терапіях різних захворювань.

Характеристики апарату представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристики опромінювача

№	Найменування приладу та функціональних блоків	Основні характеристики	Кількість	Позиція на рисунку
1.	Лазерний опромінювач (сам прилад)	Довжини хвиль – 0,65 мкм; 0,535 мкм; Вихідна потужність ~ 5 мВт; Вихідна щільність потоку енергії ~ 100 мВт/см ² ; Клас вибору за способом захисту – 1, вид виконання пристрою, в залежності від умов експлуатації та довкілля – захищене	1	
2.	Корпус приладу	Пластиковий	1	
3.	Джерело живлення батарея крона	Розміри: 48,5 мм × 26,5 мм × 17,5 мм. Маса близько 53 грамів. Напруга - 9 В. Типова ємність лужної батарейки - 625 мА · год.	1	2
4.	Мікросхема керування	Тип: мікросхема, максимальна вихідна напруга: 2.8 В, максимальний струм: 35 мкА.	1	1
5.	Червоний лазер	Довжина хвилі – 0,65 мкм; Вихідна потужність ~ 5 мВт; Вихідна щільність потоку енергії ~ 100 мВт/см ²	1	4

6.	Зелений лазер	Довжина хвилі – 0,535 мкм; Вихідна потужність ~ 5 мВт; Вихідна щільність потоку енергії ~ 100 мВт/см ²	1	5
7.	Блок пошуку точок	Робоча напруга: 5 В	1	6
8.	Шкіра людини	Біологічний об'єкт; у функціональній схемі є суб'єктом впливу	1	7
9.	Індикація (світлодіод)	Реле - одноканальне з максимальним струмом ~ 3А / 250VAC, ~ 20А / 14VDC, ~ 20А / 125VAC Частота вимірювання - 0.5 Сек Максимальна напруга навантаження - 240 В	1	3

На рис. 4.1 зображена структурна схема приладу для аналізу небезпек.

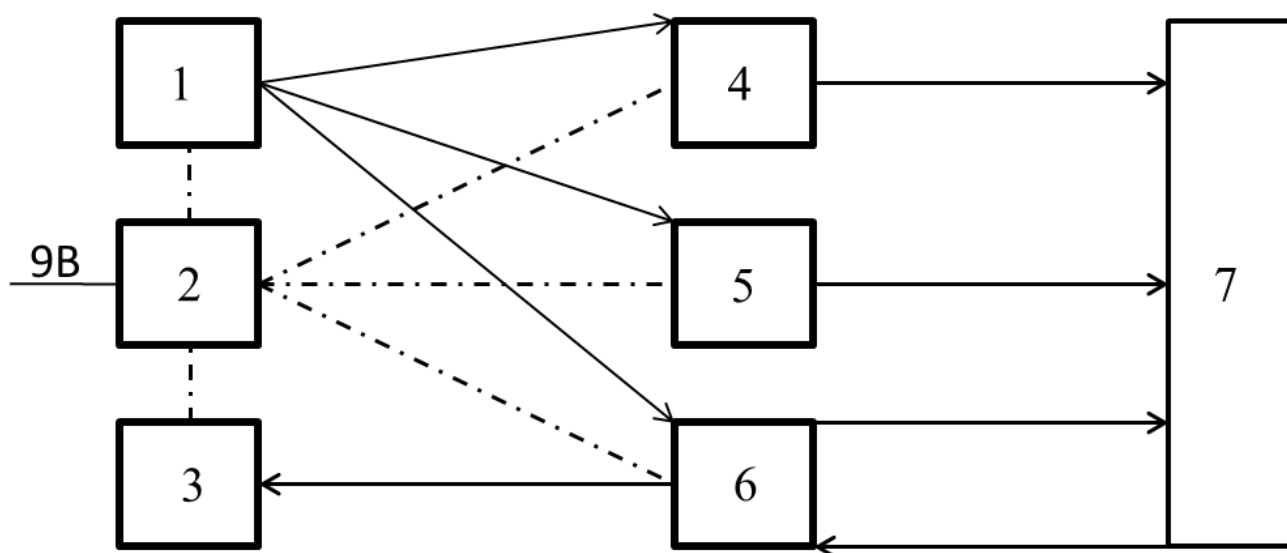


Рисунок 4.1 – Функціональна блок-схема лазерного опромінювача

Зображена структурна схема приладу для стимуляції біологічно активних точок. 1 – блок керування, 2 – блок живлення, 3 – індикація, 4 – червоний лазер, 5 – зелений лазер, 6 – блок пошуку біологічно активних точок, 7 – шкіра людини. Зроблена структурна схема відображає принцип роботи приладу. Блок керування потрібний для увімкнення таких складових лазера, як пошук точок, а також самі червоний та зелений лазери. Блок пошуку точок при увімкненні

контактує зі шкірою людини і після знаходження точки подається сигнал на блок індикації. Сигнал світловий. Усі структурні блоки під'єднані до блоку живлення, що і є джерелом енергії (від нього до інших блоків проведені пунктирні лінії, що означають проведення енергії).

4.2 Характер взаємодії приладу в системі «людина-об'єкт»

Найменування функціональних блоків апарату та інформація, яка відображається користувачу, представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Взаємодія апарату в системі «людина-об'єкт»

№	Найменування функціонального блока	Вид відображення інформації	Кількість
1.	Кнопка увімкнення блоку пошуку точок	Увімкнення роботи блоку пошуку точок	1
2.	Кнопки увімкнення лазерів	Увімкнення роботи червоного та зеленого лазерів	2
3.	Індикація роботи приладу	Індикаторний світлодіод	1

Пристрій має функціональні блоки, які дають змогу керувати основними параметрами згідно з рекомендаціями лікаря та забезпеченням безпеки пацієнта. Індикація у вигляд світлодіоду дає можливість бачити, коли знайдена біологічно активна точка. Далі, власне, є можливість вмикати різні блоки приладу, такі як сам блок пошуку точок, червоний та зелений лазери.

4.3 Небезпека ураження лазерним випромінюванням

Одною з основних небезпек пристрою є ураження лазерним випромінюванням, так як основною задачею приладу є стимуляція біологічно активних точок людини монохроматичним опроміненням. Тому присутнім є безпосередній вплив лазером на шкіру людини.

Таблиця 4.3 – Небезпеки ураження електричним струмом

№	Найменування функціонального блоку	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1.	Червоний лазер	Лазерне випромінювання	Перегрівання тканин шляхом надмірного впливу; неправильне використання	Травма персоналу або пацієнта; опіки тканин
2.	Зелений лазер	Лазерне випромінювання	Перегрівання тканин шляхом надмірного впливу; неправильне використання	Травма персоналу або пацієнта; опіки тканин

Шляхом зіставлення проєктованих рівнів показників з їх гранично допустимими рівнями, складена таблиця 4.4. Нижче показані висновки щодо їх небезпеки і висновки щодо проведення технічних, організаційних та інших заходів усунення їх впливу на персонал, пацієнтів та на саму конструкцію.

Таблиця 4.4 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1.	Вихідна потужність випромінювання	5 мВт	20 мВт
2.	Вихідна щільність потоку	100 мВт/см ²	250 мВт/см ²

	випромінювання		
--	----------------	--	--

Як видно з таблиці 4.4, всі реальні значення величин лежать у межах допустимих значень згідно з нормативними документами.

Для використання у даному пристрої вибрані такі значення параметрів, які забезпечать безпеку персоналу та пацієнта при експлуатації опромінювача як у режимі стаціонару, так і в домашніх умовах.

У таблиці 4.5 наведені заходи різного типу, які є в конструкції або їх необхідно провести для безпечного користування апаратом для запобігання небезпеки ураження електрострумом.

Таблиця 4.5 – Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	Використання малої вихідної потужності	Обмеження величини потужності згідно з нормативними документами
		Використання малої щільності потоку	Обмеження величини щільності випромінювання згідно з нормативними документами
2.	Організаційні заходи	Інструкція з експлуатації опромінювача	Навчання з питань безпеки при експлуатації приладу
		Консультація лікаря	Погодження на експлуатацію приладу
3.	Режимні	Не передбачені	
4.	Експлуатаційні	Повірка засобів вимірювання та параметрів опромінювача	Достовірність інформації
5.	ЗІЗ	Згідно з посадою користувача	Індивідуальний захист

Параметри апарату обрані таким чином, аби задовольняти терапевтичні потреби та ще й при цьому бути безпечними для використання на пацієнті

4.4 Небезпека ураження електричним струмом

Також небезпекою апарату є ураження електричним струмом, так як частиною приладу є вимір опору точок людини. Тому присутнім є безпосередній контакт електродів із поверхнею шкіри людини.

Таблиця 4.6 – Небезпеки ураження електричним струмом

№	Найменування функціонального блоку	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1.	Елемент живлення	Напруга	Напруга, що створюється різницею потенціалів блоку	Травми персоналу, пошкодження обладнання
2.	Мікросхема керування	Напруга	Напруга, що подається на вхід схеми	Пошкодження обладнання
3.	Електроди	Електричний струм	Перевищення значень струму	Травми пацієнта

Шляхом зіставлення проєктованих рівнів показників з їх гранично допустимими рівнями, складена таблиця 4.7. Нижче показані висновки щодо їх небезпеки і висновки щодо проведення технічних, організаційних та інших заходів усунення їх впливу на персонал, пацієнтів та на саму конструкцію.

Таблиця 4.7 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1.	Напруга між електродами	5 В	5 В
2.	Сила струму через шкіру	0.5 мкА	2 мкА

3.	Струм споживання електродів	1 мА/5 мА	6 мА
----	-----------------------------	-----------	------

Як видно з таблиці 4.7, всі реальні значення величин лежать у межах допустимих значень згідно з нормативними документами.

Для використання у даному пристрої вибрані такі значення параметрів, які забезпечать безпеку персоналу та пацієнта при експлуатації опромінювача як у режимі стаціонару, так і в домашніх умовах.

У таблиці 4.8 наведені заходи різного типу, які є в конструкції або їх необхідно провести для безпечного користування апаратом для запобігання небезпеки ураження електрострумом.

Таблиця 4.8 – Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	Використання малих напруг	Обмеження величини напруги згідно з нормативними документами
		Використання малих струмів	Обмеження величини струму дотику згідно з нормативними документами
2.	Організаційні заходи	Інструкція з експлуатації опромінювача	Навчання з питань безпеки при експлуатації приладу
		Консультація лікаря	Погодження на експлуатацію приладу
3.	Режимні	Не передбачені	
4.	Експлуатаційні	Повірка засобів вимірювання та параметрів опромінювача	Достовірність інформації
5.	ЗІЗ	Згідно з посадою користувача	Індивідуальний захист

Апарат знаходиться у пластиковому корпусі, що унеможливило безпосередній контакт персоналу або користувача з внутрішніми функціональними блоками.

4.5 Небезпеки пожежного характеру

Функціональні блоки та небезпеки пожежного характеру, що у них можуть виникнути, представлені у таблиці 4.9. Так як пожежа в електричній схемі може виникнути тільки через нагрівання, то функціональний блок, який може стати причиною такої небезпеки, є джерелом живлення.

Таблиця 4.9 – Небезпеки пожежного характеру

№	Найменування функціонального блоку	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1.	Блок живлення	Напруга на контактах	Коротке замикання, нагрівання суміжних елементів	Пошкодження частин пристрою

Таблиця 4.10 – Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1.	Постійна напруга живлення	9 В	9 В

Таблиця 4.11 – Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	Використання малих напруг	Використання величини напруги живлення згідно з нормативними документами

2.	Організаційні заходи	Інструкція з експлуатації приладу	Навчання з питань безпеки при експлуатації приладу
3.	Режимні заходи	Не передбачені	
4.	Експлуатаційні заходи	Регулярне проведення перевірки акумулятору	Перевірка надійності живлення
5.	ЗІЗ	Згідно з посадою користувача	Індивідуальний захист

Варто зауважити, що друкована плата пристрою покрита спеціальним шаром і надрукована на діелектрику, що запобігає небажаних витоків струму.

Необхідно також дотримуватися відповідних правил під час експлуатації та зміни акумулятора.

4.6 Інструкція з техніки безпеки при експлуатації спроектованого об'єкту

Експлуатація лазерного опромінювача заборонена без ознайомлення з цією інструкцією.

Зовнішній огляд і перевірка основних вузлів приладу.

Дана частина інструкції передбачає візуальну оцінку приладу перед кожним використанням для лікаря, пацієнта та під час планової перевірки для штатного інженера.

Перед ввімкненням приладу при зовнішньому огляді необхідно перевірити:

- цілісність обладнання;
- відсутність пошкодження зовнішнього блоку;
- цілісність електродів;
- цілісність ізоляції пасивного електроду;
- наявність та справність елементів живлення.

По можливості:

- відсутність електромагнітних наводок і спотворень електромагнітного випромінювання.

Експлуатація та застосування:

- узяти прилад в руку, три пальці (починаючи із вказівного) накласти на пасивний електрод, що знаходиться на зворотній стороні корпусу приладу;
- натиснути кнопку блоку пошуку точок;
- прикласти активний електрод до шкіри пацієнта;
- водити електродом по шкірі для пошуку біологічно активної точки до того моменту, коли загориться світлодіод на корпусі – це означатиме, що точка знайдена;
- відтиснути кнопку блоку пошуку точок;
- в залежності від терапевтичного призначення, увімкнути або червоний або зелений лазер, в залежності від терапевтичних показань оказувати вплив випромінюванням на точку;
- після проведення процедури вимкнути лазерне випромінювання обраного режиму.

Перевірка безпеки приладу:

- регулярна перевірка приладу на наявність струмів витоку;
- регулярна перевірка приладу на справність червоного та зеленого лазерів.

Висновок до розділу 4

У розділі розглянуті небезпеки пожежного, електричного та лазерного характерів, розроблені та описані заходи для їх зменшення або усунення.

Вибрані характеристики приладу відповідають нормативним значенням.

Прилад спроектовано компактно, корпус надійно закритий, що не дає змогу потрапити у внутрішню частину пилу та бруду.

					БМ61.19.2505.1191	Лист
						53
Змін	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

При проектуванні врахований сучасний технічний рівень. Окремі частини лазерного опромінювача не заважають комфортному користуванню та відповідають технічно-терапевтичним вимогам.

					БМ61.19.2505.1191	Лист
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

ВИСНОВКИ

Для досягнення мети дипломної роботи виконані такі задачі:

1. Розглянуті та описані характеристики лазерного випромінювання як фактору впливу.
2. Описані методики впливу лазерним випромінюванням на біооб'єкти, зокрема на шкіру людини.
3. Описані терапевтичні ефекти, що є наслідками біостимулюючого впливу лазерним випромінюванням на біологічно активні точки людини.
4. Розроблені та побудовані функціональна та оптичні схеми апарату. Вони показують основні принципи взаємодії компонентів та роботу лазерного пристрою.
5. Розроблено схему пошуку біологічно активних точок на тілі людини методом вимірювання опору шкіри.
6. Розроблено схему бездротового живлення лазерного діода. Для покращення варіабельності терапевтичного впливу запропоновано використовувати як червоний лазер, так і зелений. Відповідно, це зображено на схемі живлення.
7. Розроблено та створено 3D-модель малогабаритного монохроматичного опромінювача біологічно активних точок людини з урахуванням всіх наведених вдосконалень та вимог.
8. Розроблено план заходів щодо забезпечення норм охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кирсанов В.В. Характеристика лазерного излучения как физического фактора воздействия на биологические объекты / В. В. Кирсанов. // Вестник технологического университета. – 2015.
2. Москвин С.В. Лазерная акупунктура: основные принципы, методические подходы и параметры методик / С. В. Москвин, Л. Г. Агасаров. // Вестник новых медицинских технологий. – 2019.
3. Агасаров Л.Г. Рефлексотерапия при распространенных заболеваниях нервной системы (общие и прикладные аспекты). М.: Арнебия, 2017. 240 с.
4. Буйлин В.А. Лазерная рефлексотерапия. М.: Техника, 2002. 34 с.
5. Гейниц А.В., Москвин С.В. Лазерная терапия в косметологии и дерматологии. М.–Тверь: Издательство «Триада», 2010. 400 с
6. Лазерные технологии воздействия на биологически активные точки для коррекции изменений активности ферментов при экспериментальном сахарном диабете / Н. М.Орел, А. М. Лисенкова, Т. А. Железнякова, И. В. Бельская. // Доклады БГУИР. – 2016.
7. Ezzo J.M. Acupuncture-point stimulation for chemotherapy-induced nausea or vomiting // Cochrane Database Syst Rev. — 2006. — Apr V. 19; (2). — CD002285.
8. Roscoe J., Morrow G., Hickok J. et al. The efficacy of acupressure and acustimulation wrist bands for the relief of chemotherapy-induced nausea and vomiting. A University of Rochester Cancer Center Community Clinical Oncology Program multicenter study // J. Pain Symptom Manage. — 2013. —V. 26. — P. 731—742.
9. Shen J., Wenger N., Glaspy J. et al. Electroacupuncture for control of myeloblastic chemotherapy-induced emesis: a randomized controlled trial // JAMA. — 2010. — V. 284. — P. 2755—2761.

10. Alimi D., Rubino C., Pichard-Leandri E., Fermand-Brule S., Dubreuil-Lemaire M.L., Hill C. Analgesic effect of auricular acupuncture for cancer pain: a randomized, blinded, controlled trial // J Clin Oncol. — 2003 — Nov. 15; V 21(22). — P. 4120—4126.

11. Deng G., Cassileth B.R. Integrative oncology: complementary therapies for pain, anxiety and mood disturbance // CA Cancer J. Clin. — 2005 —Mar-Apr; V 55(2). — P. 109—116.

12. Vickers A.J., Straus D.J., Fearon B., Cassileth B.R. Acupuncture for postchemotherapy fatigue: a phase II study // J. Clin. Oncol. —2014. — May 1. — V. 22(9). — P. 1731—1735.

13. Gu C.Y., Lou Y., Cai Y.B., Hu J. Effects of different anesthesia methods on the T lymphocyte subsets and hemodynamics of patients with abdominal tumor in peri-operational period // Zhongguo Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi. — 2014 — Nov; V. 24(11). — P. 973—975.

14. Qiu X., Chen K., Tong L., Shu X., Lu X., Wen H., Deng C. Effects of moxibustion at shenque (CV 8) on serum IL-12 level and NK cell activities in mice with transplanted tumor // J. Tradit. Chin. Med. — 2004. — Mar; V. 24(1). — P. 56—58.

15. Moskvina S.V., Buylin V.A. Low intensity laser therapy. – M.: Firm «Tekhnika», 2000.

16. Козлов, В.И. Взаимодействие лазерного излучения с биотканями// Сборник трудов «Применение низкоинтенсивных лазеров в клинической практике» / Под ред. О.К.Скобелкина. – М.,2007. – С. 24-34.

17. Ohshiro, T. Low Level Laser Therapy: A Practical Introduction/ T. Ohshiro, R.G. Calderhead// Chichester – New York: John Willy and Sons, 1988. – 180p.

18. Девятков, Н.Д. Физико-химические механизмы биологического действия лазерного излучения/ Н.Д. Девятков, С.М. Зубкова, И.Б. Лапрун , Н.С. Макеева// Успехи современной биологии. – 1987. – Т. 103, 3.1. – С. 31-43.

					БМ61.19.2505.1191	Лист
						57
Змін	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Башкатов, И.П. Лазерно-индуцированный нагрев биологической среды/И.П. Башкатов, Г.Л. Киселев, В.Б. Лощенов// Биомедицинская радиоэлектроника. – 2001. – №1. – С. 18-24.

20. Data Sheet. 532nm Laser Diode, 5mW, Photop [Электронный ресурс] / Data Sheet – Режим доступа до ресурсу: <https://www.laserdiodesource.com/laser-diode-product-page/532nm-5mW-TO-can-Photop>.

21. Laser Diode, 635nm, Coaxial, PD-LD [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.laserdiodesource.com/laser-diode-product-page/635nm-5mW-coaxial-PD-LD>.

22. Иванов А.Н. Акупунктура и мануальная терапия в лечении больных с частичной атрофией зрительного нерва воспалительного, сосудистого и травматического генеза: автореф. дис.к.м.н. М., 2011. 26 с.

23. Кочетков А.В., Москвин С.В., Карнеев А.Н. Лазерная терапия в неврологии. М.–Тверь: Триада, 2012. 360 с.

24. Лазерная терапия в лечебно-реабилитационных и профилактических программах: клинические рекомендации / Герасименко М.Ю., Гейниц А.В., Москвин С.В. [и др.] М., 2015. 80 с.

25. Сапожников М.Ю. Разработка и научное обоснование метода лазерной рефлексотерапии в восстановительном лечении больных стенокардией напряжения: автореф. дис. докт. мед. наук. Чебоксары, 2012. 46 с.